

林産試験場の平成2年度試験研究成果の概要

1990 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 ... 6	Fitted for Automated Factory Line
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 ... 6	1.2.2 北海道における住宅の地下空間の工法 開発と有効利用に関する研究 ... 10
Research and Development of Utilization Technologies for Enlargement of Wood Products Market	Development of Construction Used for the Basement and Its Effective Utilities
1.1 木質内外装材の製品開発 ... 6	1.3 大規模構造物の施工技術および資材の開発 1
Development of Wooden Interior and Exterior Parts	Development of Building Technology for Large - Scale Structures and Materials
1.1.1 木質内装材の新しい利用技術の開発 ... 6	1.3.1 体育館用床暖房構造とそのシステムの 開発 ... 11
Development of Utility Ways Using the Wood - Based Interior Finish Materials	Development of a Heating Floor Construction System and the System for Gymnasiums
1.1.2 木製サッシの防音性の向上... 6	1.4 土木・農業用施設等の施工技術および 資材の開発 ... 11
The Advanced Performance of the Sound Insulation for the Wooden - Window	Development of Construction Technology for Public Works and Agricultural Facilities and Materials
1.1.3 音響性能を付加した木質建材の開発 6	1.4.1 木製治山用施設の強度試験... 11
Development of Wood - Based Building Materials Added the Acoustic Property	Strength Test of Wooden Constructions for Soil Conservation Flood Control
1.1.4 自動化ラインに適した木質資材の改良 研究 ... 7	1.4.2 治山施設等におけるカラマツ間伐材の 利用技術の開発 ... 11
Improvement of Structural Wood Member Fitted for Automated Factory Line	Utilization of Small Larch Logs for Forest Land Conservation
1.1.5 木質内外装材の性能評価と施工法の改善 9	1.5 木製エクステリア製品の開発 ... 11
Assessment of Quality and Improvement of Execution of Wooden Panelling and Siding	Development of Wooden Exterior Products
1.2 木造住宅の施工技術および資材の開発 ... 9	1.5.1 中小径材のエクステリアへの利用技術 開発 ... 11
Development of House - Building Technology for Wooden House and Materials	Development of Exterior Equipments Using Small Wood
1.2.1 自動化ラインに適した木質資材の改良 研究(再掲) 9	2. 木質材料の性能向上技術の開発 ... 12
Improvement of Structural Wood Member	

Research and Development for Improving Technologies of Wood Material Properties		2.6 新性能付与技術の開発 ...	18
2.1 寸法安定性向上技術の開発 ...	12	Development of Technologies for Addition of New Properties	
Development for Improving Technology of Dimensional Stability		3. 木質材料と異種材料との複合化技術の開発	19
2.1.1 MG処理パーティクルボードの製造条件の確立	12	Research and Development for Combination of Wood and the other Materials	
Establishment of the Manufacturing Condition of MG Treated Particleboard		3.1 複合材の製品開発と製造技術の確立 ...	19
2.1.2 新しい化学処理木材の開発	14	Establishment for Developing Products and Manufacturing Technologies of Composite Materials	
Development of a New Chemical Modification of Wood		3.1.1 ゴムチップパネルの応用製品開発 ...	19
2.2 耐久性向上技術の開発 ...	14	Development of Utilization of Composite Panel with Rubber and Wood Particles	
Development of Improving Technology of Durability		4. 木質材料の使用マニュアルの充実..	21
2.2.1 トリコデルマ利用による新規防腐処理法の開発 ...	14	Perfection of Use-Directory for Wood Materials	
Development of New Preservation Technique With Imperfect Fungi , Trichoderma spp .		4.1 樹種ごとの材質評価..	21
2.2.2 官能基導入による木材の表面改質の研究	17	Evaluation for Wood Qualities by Species	
Improvement of Wood Surface by Chemical Modification		4.1.1 グイマツF ₁ 類の材質評価	21
2.3 耐火性向上技術の開発 ...	17	Wood Qualities of Guimatsu Hybrid and Other Larix Species	
Development of Improving Technology of Fire Resistance		4.2 道南産材の材質評価 ...	2
2.3.1 木質系防火戸の開発	17	Wood Qualities of Trees Grown in Southern Hokkaido	
Development of Fire Doors Made of Wood Materials		4.1.3 広葉樹の材質に関する研究	24
2.3.2 準不燃軽量内装材料の開発	18	Wood Qualities of Mizunara Trees Grown in Hokkaido	
Development of Fire - Proofing Light Panel		4.2 木質資材の各種性能の評価	24
2.4 強度向上技術の開発	18	Evaluation for Properties of Wood Materials	
Development of Improving Technology of Mechanical Properties		4.2.1 製材強度の非破壊検査法の確立	24
2.5 遮音・吸音性向上技術の開発	18	Development of Nondestructive Method for Prediction of Lumber Strength	
Development of Improving Technology of Sound Insulation and Absorption		4.2.2 MG処理パーティクルボードの建築用部材としての性能評価	24
2.5.1 木質系遮音材料の開発	8	Properties of MG - Treated Particleboards	
Development of Woody Acoustic Panels		4.2.3 外構部材への木材防腐剤の適用 ...	24
		Application of Wood Preservatives to Timber for Outside - Use	
		4.2.4 カラマツ丸太・たいこ材の実大曲げ試験..	25

Bending Test of Larch Log and Two - Faced Sawn Lumber in Full Size		1.5 接着技術の改善・開発...	..28
4.3 木質資材の使用マニュアルの整備...	26	Improvement and Development of Gluing Technologies	
Making - up of Use -Directory for Wood Materials		1.6 表面処理技術の改善・開発28
4.3.1 木質板状材料の用途別必要性能の評価	26	Improvement and Development of Treatment Technologies for Wood Surface	
Evaluation of Wooden Boards Performance Required in Each Field		1.6.1 漂白処理技術の改善...	..28
林産工業の体質強化を促進するための技術開発	27	Improvement of Technique in Bleaching Treatment	
Technical Assistance for Fortifying of Local Forest Product Industries		1.6.2 木製窓, ドア等外装用木材の表面保護処理法の開発...	..29
1. 生産技術の改善・開発...	27	Development of Surface Preserving Treatment of the Exterior Woods (Woody Windows ,Woody Doors and other Woody Products)	
Improvement and Development of Manufacturing Technologies		1.6.3 RC (レジンコート) 処理による表面処理コンパネの開発	30
1.1 切削技術の改善・開発	27	Development of Concrete -Form Panel Coated with Resin	
Improvement and Development of Cutting Technologies		1.7 新加工技術の改善・開発...	31
1.1.1 有節材の表面仕上げ加工 ...	27	Development of New Processing Technologies	
Superficial Finishing for Knotty Woods		2. 生産工程の合理化 ...	31
1.2 破碎技術の改善・開発	27	Rationalization of Manufacturing Processes	
Improvement and Development of Pulverizing Technologies		2.1 製材工程の合理化31
1.3 乾煇技術の改善・開発	27	Rationalization of Sawing Process	
Improvement and Development of Drying Technologies		2.1.1 画像処理による形状選別技術の自動化31
1.3.1 構造材の乾燥技術の開発	27	The Automated Technology for Measuring and Sorting Sawn Timber	
Development of Drying Technology for Structural Lumber of Softwood		2.2 熟練技術者の技術を取り入れた新しい製材工程監視技術の確立	34
1.3.2 小径針葉樹丸太の乾燥に関する研究	28	Study on the Feed - Speed Control in Sawing with a Bandsaw under the Application of Technique of the Expert	
Study on Drying for Small Softwood Logs		2.2 乾燥工程の合理化...	.. 35
1.4 注入技術の改善・開発...	28	Rationalization of Drying Process	
Improvement and Development of Preserving Technologies		2.2.1 連続測定型センサによる水分管理技術の確立	35
1.4.1 熱処理材のWPC加工の検討及び性能評価	28	Study on Development of a Moisture	
The Properties of WPC with Steamed Wood			

Control System by a Sensor Suitable for Continuous Measurement		Products Developed by Our Institute	
2.2.2 構造材の乾燥技術の開発(再掲)	37	3.2 製造コストの低減化	44
Development of Drying Technology for Structural Lumber of Soft wood		Reduction of Manufacturing Cost	
2.3 集成材製造工程の合理化...	37	未利用森林資源の活用技術開発	45
Rationalization of Manufacturing Process for Laminated Wood		Technological Development for Utilizing Un - or Less - Used Forest Resources	
2.3.1 低質広葉樹材を活用した集成材の生産 システムの開発	37	1. 小径・低質材の利用技術の開発...	45
Development of Manufacturing System for Laminated Woods with		Utilization Technologies for Small Diametral or Low - Quality Logs	
Low Quality - Hardwood Logs		1.1 炭化物としての利用技術の開発.....	45
2.3.2 割箸製造工程の自動化技術の開発	38	Development of Utilization Technologies for Charcoal Products	
Technology for an Automatically Controlled Manufacturing Process of Half - Split Chopsticks		1.1.1 低コスト木炭粉製造技術の開発とその 農産物に与える有効効果の研究 ...	45
2.4 合板製造工程の合理化	39	Research for the Process to Decrease the Cost in Charcoal Powder Production and to Clarify the Efficiency in Agricultural Production by Using It	
Rationalization of Manufacturing Process for Plywood		1.1.2 多目的炭素系資材の製造技術開発	47
2.4.1 道材合板用心板の開発... ..	39	Research for the Way to Produce the Multi - Purpose Material Made of Charcoal Powder	
Research and Development on Core Veneer for Plywood with		1.1.3 木炭ボードの製造技術の確立 ...	48
Domestic Hardwood		Study for Making the Board with Charcoal Powder	
2.5 成形板製造工程の合理化	40	2. 工場副産物の利用技術の開発	48
Rationalization of Manufacturing Process for Forming the Board		Research and Development of Utilization Technologies for Factory By - Products	
3. 開発製品の市場性の評価	40	2.1 粉砕物としての利用技術の開発 ...	48
Assesments on Market - Performance of Developed Products		Research and Development of Utilization Technologies for Wood Particles	
3.1 市場性の分析	40	2.1.1 未利用材高度利用技術の研究...	48
Analysis for Market - Performance		Conversion or Unused Forest Biomass and Waste Wood in Factory into More Valuable Products	
3.1.1 カラマツ中大径材の高度利用に関する 研究	40	2.1.2 家畜粗飼料の製造と実用化	49
Study on the Advanced Utilization of Plantation Grown Larch		Production of Wood Roughage for	
3.1.2 当場開発技術・製品のコスト試算...	43		
Cost Accounting of the Technologies and			

a Ruminant	
– Steam Hydrolysis of Bamboo Grass –	
3. 枝葉の利用技術の開発	49
Research and Development of Utilization	
Technologies for Branch and Needles	
3.1 成分の利用技術の開発	49
Development of Utilization Technologies for	
Constituents of Wood	
3.1.1 木質系重金属吸着剤の製造試験	49
Preparation of Adsorbent for Heavy Metal	
Ions from Wood Wastes	
3.1.2 針葉樹精油成分の家屋害菌に対する腐朽	
抑制効果	51
Inhibitory Effects of Volatile Oil	
Components of Coniferous Woods on	
Growth of House Fungi	
4. 微生物の有効利用	52
Effective Utilization of Micro-Organisms	
4.1 食用菌栽培技術の確立	52
Establishment of Cultivating Technologies for	
Edible Fungi	
4.1.1 ハウス管理によるシイタケ原木栽培	
技術の確立	52
Bed-Log Cultivation Method of Shiitake	
in the Green House	
4.1.2 シイタケの空調栽培技術の開発	52
Saw-Dust Cultivation Method of Shiitake	
under the Air-Conditioned Environment	
4.1.3 ナラタケ瓶栽培技術の確立	53
Saw-Dust Cultivation Method of	
Genus <i>Armillariella</i>	
4.1.4 エノキタケの優良菌種の開発	53
Preservation of <i>Flammulina velutipes</i> Strains	
4.2 微生物機能の利用	53
Utilization of Wood with Application of Function	
of Micro-Organisms	
4.2.1 微生物処理による繊維質資源の飼料化に	
関する試験	53
Ruminant Food Production from	
Lignocellulose Resources by	
Basidiomycetes	

I 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

Research and Development of Utilization
Technologies for Enlargement of Wood
Products Market

1.1 木質内外装材の製品開発

Development of Wooden Interior and Exterior
Parts

1.1.1 木質内装材の新しい利用技術の開発 (共研)

Development of Utility Ways Using the Wood-
Based Interior Finish Materials

壁面がコンクリート造、ブロック造の部屋に容易に使用でき、かつデザイン、音響的付加価値を備えた吸音壁パネルを開発し、実際のコンクリート造の壁面に施工して、そのデザイン性、施工性、音響性能についての検討を加えた。

壁パネルを施工する部屋の表面仕上げ状態は、床、壁、天井ともコンクリート打ち放しであるため、残響時間はかなり長いものと予想された。そこで、まず部屋の吸音力の改善量を設定するため残響時間を測定した。その結果、500 Hzで3秒以上あり、趣味室（プレイルーム、オーディオルーム、書斎など）の使用に対しては長すぎるものであった。

これらのことに基づいて、壁面の反射音の影響、プレイルームとしての視覚的居住性などを考慮して、音響設計および色彩設計を行った。

音響設計に基づいて施工した吸音壁パネルは、エゾマツ、トドマツを使用し、格子状に組んだものである。施工の合理化のために、裏面に枠を取り付け、現場での作業をはめ込みと仕上げだけになるようにした。施工手順としては、天井にL型受け材を、床には直径6mmのコンクリートアンカーでL型金具を取り付けた。その金具に、壁パネルを落とし込みによって取り付けた後、天井と壁パネルとの取り付け部に廻し縁を、床と壁パ

ネルの取り付け部に幅木を釘止めした。施工上の問題は特に生じなかった。

壁パネルを施工した後の部屋の残響時間を測定した結果、500 Hzでの残響時間は0.8秒とほぼリスニングルームの使用に適したものとなった。

色彩設計では、コンピュータによる画像処理を行って吸音壁パネルを施工していない壁面、室内ドア、天井面に施工するクロスの色や材質を決定した。

これらのことから、本研究で開発した吸音壁パネルは、施工が容易で吸音特性も良好なものであることが分かった。そのため、今後マンション、公共建築物などで音響性能を要求される用途（音楽室、楽器練習室、リスニングルームなど）への採用が期待できる。また、コンピュータの画像処理による内装設計によって、木質内装材とその他の内装材とを効果的に組み合わせ、それらをデザインの的に有効に使うことができることを確認した。

(昭和63年度～平成2年度)

(性能開発科, 加工科, 北海道立工業試験場,

北海道立寒地住宅都市研究所)

1.1.2 木製サッシの防音性の向上 (民間受託)

The Advanced Performance of the Sound
Insulation for the Wooden-Window

(平成2年度)

(性能開発科)

1.1.3 音響性能を付加した木質建材の開発 (林野補助)

Development of Wood-Based Building
Materials Added Acoustic Property

音響性能を重視した木質内外装材、特にオーディオルームに代表される視聴覚室に使用できる吸音性能を考慮した内装壁パネルの開発を行った。

使用した材料は、加工性、価格、色調などを考慮してエゾマツ、トドマツとした。これを用いて2種類の吸音壁パネル(スリット構造、格子状構造)を試作し、残響室法吸音率測定を行った。試験体形状による吸音機構は、(1)スリット構造吸音壁パネルで共鳴器型吸音特性を、(2)格子状吸音壁パネルで吸音面積を増すことを利用したものである。デザイン上の開発コンセプトとしては、スリット構造のものは背後の壁面が見えなくなるよう、部材側面の一部に45度の傾斜をもたせた。また、格子状のものは、正面から見た場合にはすき間が目立たなく、側面から見た場合にすき間が模様として演出できるものとした。

試験では、各形状の試験体ごとに背後空気層厚さを20mmから200mmまで20mm刻みに変化させて各条件での残響時間を測定した。この結果から、背後空気層の吸音率に対する影響についてのデータを得た。その結果は以下のようなものであった。

(1) スリット構造吸音壁パネル

スリット構造吸音壁パネルの背後空気層の影響をみた場合、空気層20mmのものではスリットによる共鳴吸音効果はあまりみられなかったが、それ以上の空気層厚さのものでは吸音率に共鳴による鋭いピークがみられた。また、空気層厚さと共鳴周波数をみた場合、空気層厚さが厚くなるにつれて低音側に移動した。これはヘルムホルツの共鳴吸音型材料にみられる傾向である。そのためその共鳴周波数を計算した結果、測定結果から得られた共鳴周波数とほぼ一致した。このことから、使用条件に応じた空気層厚さを理論的に導き出せることを確認した。

(2) 格子状吸音壁パネル

格子状吸音壁パネルについてみた場合、背後空気層厚さが60mm以上で共振吸収によると思われるピークがみられ、スリット構造吸音壁パネルと同様に空気層厚さが増すにつれて共振周波数帯域は低音側に移っていた。また、材表面積を部材側面の面積を合わせたものに置き換えた場合、面積は1.45倍増える。そのため単位見付け面積当たりの吸音力は1.45倍増えることになる。垂直入射吸音率(実際には乱入射吸音率を使用す

べきであるが、ここでは大まかな予測をする上で垂直入射吸音率を使用する)を1.45倍した結果と比較すると、高音域ではおおむね一致した。また、低音域では共鳴吸収と思われる吸音率の上昇があることからスリット構造吸音壁パネルと同様の方法で共鳴周波数を求めた結果、背後空気層の厚さが40mm以下では共鳴による吸音効果はみられないが、それ以上では比較的理論値に近い共鳴効果が認められた。また、高周波領域では共鳴周波数の通倍周波数で共鳴吸収をしていると考えられ、木材の吸音率より高い値となった。これらのことから、格子状吸音壁パネルの吸音機構は、基本的にはスリット構造のそれと同様のものと考えられ、音響設計の際に大まかな吸音率の予測が可能であることが分かった。

これらの壁パネルは、実際の音響設計を通して実証してより多くのデータを蓄積することによりさらに精度良く音響設計できるであろう。さらに、デザインを考えた場合、いろいろな形状への応用が考えられる。これらのことは、木材を使用した壁パネルの需要拡大に大きく寄与できるものと考えられる。

(平成2年度～平成4年度)

(性能開発科)

1.1.4 自動化ラインに適した木質資材の改良研究 (地域システム事業)

Improvement of Structural Wood Member

Fitted for Automated Factory Line

本課題は、積雪寒冷地に適した木造住宅工法を開発するとともに、これからの木質住宅資材(内装および構造資材)の製品化に向けた部材の標準化および加工工程のFA化などを進め、住宅資材供給システムを確立するための指針とすることを目標に、昭和61年度より5か年にわたって、研究を進めてきたものである。

平成2年度は、システム技術開発部会で採用し、具体化した改良型木造住宅の施工性と音響および温熱環境に関する評価を含め、元年度までに得られた住宅工法ならびに内装資材に関する研究成果の最終的な取りまとめを行った。

(1) 改良木造住宅の評価

① 床パネル剛性の面材による補強効果の検討

床パネルの設計は、安全をみて根太材のみの剛性計算により行っているが、構造用合板を釘打ち一体化することにより、剛性に関してはかなり向上する。

そこで、面材のパネル剛性への向上率を実験的に確認するため、床パネルの枠材のみを組んだ状態で低レベルの荷重を加えて根太材単独の曲げ剛性を計測後、パネル面材である構造用合板を釘打ち一体化して床パネルとして構成し、同様な加力条件で曲げ試験を実施した。

その結果、設計荷重における床パネルの剛性は、根太材単独での初期的な剛性に比較し、36.4～42.5%の向上が認められた。

② 軸組材の取り合い部の検討

2階床梁の負担する積載荷重は、受け金物を介して下方に伝達されるが、施工性の向上や気密性能の確保の上から、受け金物の支持を胴差や桁材に求めることとなる。この場合、支持面が木材繊維に垂直となるため、材のめり込みを検討しておく必要がある。

そこで、柱と梁あるいは胴差と梁との取り合い部分を想定した接合部モデルを幾つか試作し、せん断試験を実施して変形状の確認を行った。

受け金物を桁材で支持した場合、設計荷重1,350 kgfでの梁材端部の鉛直変位は、柱材に直接である供試体に比較して、釘(ZN65)本数3本では平均2.1倍程度であるが、釘本数6本のときには1.6倍程度に減少する。これは変位量としては3mmに満たないもので、適切な釘本数を使用することによって変位を許容内に納めることが可能と考えられる。

③ 実験住宅の水平加力試験

実験住宅(昭和63年度建設)の妻面中央2階床レベルに水平荷重を加え、建物外周における鉛直方向および水平方向の変位を測定し、2階床面の水平構面としての性能ならびに1階壁の耐力壁としての性能評価を行った。

荷重は、ウィンチを使用して実験住宅の東側妻面の中央、2階床直下の胴差のあるレベルに2点荷重(荷

重点間距離600mm)を加え、建物外周における土台の浮き上がり、1階および2階床面での水平方向のズレなどを観察した。加力は、1,000 kgfごとに6,000 kgfまで増加させながら繰り返した後、台風時の短期設計荷重である4,000 kgfの2倍を若干上回るまで行った。

その結果、耐力壁については、壁面のせん断変形角が、北面と南面のいずれにおいても1/1,200 radian前後と極めて小さい値しか観察されず、出隅・入隅部での半柱の併用による耐力壁構成の有効性を検証し得た。

また、2階床構面の中央部変位は、短期設計荷重時(4,000 kg)において、2.7mm程度で、この値は支持スパン(7,200mm)の1/2,500未満となっている。このことから、2階床構面は水平方向外力を有効に壁体に伝達していると判断された。

④ 可動間仕切り壁の改善

元年度に施工した可動間仕切り壁の遮音試験の結果は、JIS遮音等級基準のD-25であったが、これは日本建築学会推奨基準のD-30以下である。しかし、音が最も多く漏れている部位がドア周囲であることから、気密材を取り付けていないドアの下部の改良を行うことでかなりの性能向上が図れることが予想された。そのため、ドアの下部に発泡スチレン製の気密材を取り付け再度測定をした。その結果、評価値はD-25と変わらないが、室内外の音圧レベル差はすべての周波数帯で改良前より上回っており、ドアの気密化が壁の遮音性能向上に大きく寄与していることを示した。

(2) 改良型木造住宅工法の設計仕様のまとめ

改良型木造住宅の構造躯体、居住性能を以下のように取りまとめ、施工手順を提案した。

① 改良型木造住宅の概要

住宅の基本工法は在来軸組工法であり、住宅部材の標準化・高品質化・FA化の推進と施工の合理化を目標に、現行の軸組工法の住宅建築に関わる法体系から逸脱しない範囲での改良を試みたものである。

家族構成の変化や年齢によるライフスタイルの変化などにも柔軟な対応が可能のように、フリースパン構

造を採用した住宅として、従来の固定的な間仕切りの大部分を廃するものとする。高壁倍率の外壁ならびに水平剛性の高い2階床構面を配置することにより、フリースパン構造を可能とする。

断熱方式は壁内断熱とし、床・外壁・屋根といった建築物の面を構成する部材の大部分をパネル化する。所要性能が不足する場合には、外断熱層を付加するものとする。

② 改良型木造住宅の構造躯体

軸組材の基本断面として120mm×120mmを採用し、構造的・熱環境的な安定性ならびに建物の耐久性を確保する。

床梁等の支持には、受け金物を使用して構造的な安定を図るとともに、建設機械による施工が円滑に行えるようにする。また、他の仕口や継手には、従来からの軸組工法の接合手法に建築金物を併用し、耐力の向上を図るものとする。

フリースパン住宅のため、耐力壁は主に建物の外周部分のみとなり耐力壁長が不足する可能性もあることから、外壁は外装側および内装側の両面材とも耐力面材として働くように構成する。これは、住宅の気密化にもプラスとなる。

外壁、屋根、床、間仕切り壁は、それぞれパネル化する。パネルは、いずれも外側の耐力面材である構造用合板が釘打ちされた工場生産によるものを建築現場に搬入する。

このうち外壁パネルは、柱材を取り込んだ比較的大形のものとなる。これらのパネルとプレカットされた軸組材とをクレーン等の建設機械を活用して、短期間のうちに構造躯体として仕上げる。また、床および屋根パネルの耐力面材を梁材や胴差、桁材等に直接釘打ちすることによって緊結し、2階床面と屋根面がともに水平力を有効に耐力壁に伝達し得るようにする。

また、可動間仕切り壁の採用により、構造躯体部分と内装部分との明瞭な分離を図るものとする。

③ 改良型木造住宅の居住性能

改良型工法住宅では、工場におけるパネル部材の生産、軸組材のプレカット加工が前提となるため、断熱

施工においても標準規格の設定・実施が比較的容易である。そこで、本工法では将来的に断熱厚さ200mmの可能性を残しつつ、現在一般的な住宅の燃料消費量(灯油約1,000ℓ)で全室暖房ができるように、断熱厚さとして120mm+ α 、開口部には高气密窓の採用により、換気回数0.5回/hを目安とする。また、土間床工法を採用することによって熱容量を生かした安定した温度性状が得られ、全室暖房と併せて冬期の著しい居住性向上が可能になる。

(昭和61年度～平成2年度)

(構造性能科, 性能開発科)

1.1.5 木質内外装材の性能評価と施工法の改善

(林野補助)

Assessment of Quality and Improvement of Execution of Wooden Panelling and Siding

道産針葉樹による内外装材の施工後に、膨れ、さね部分のはがれなどのトラブルが発生しないように、部材設計ならびに施工法について検討を行い、その成果を展示館と住宅の外装材改修工事に反映させた。

また、旭川ウッドタウンの展示住宅2棟の新築にあたり、釘打ちが容易な断面形状の内外装材を提案し、それらの釘打ちに伴う施工法などを調査した。

さらに、RC造の建築物を対象にした簡略な施工法の一つとして、アルミの押し出し成形品を使った木製パネルを試作し、それらを地下室の内装材として施工した場合の壁面とパネルの納まりなどについて検討を加えた。

(平成2年度～平成3年度)

(加工科)

1.2 木造住宅の施工技術および資材の開発

Development of House-Building Technology for Wooden House and Materials

1.2.1 自動化ラインに適した木質資材の改良研究

(再掲)

Improvement of Structural Wood Member Fitted for Automated Factory Line

1.2.2 北海道における住宅の地下空間の工法開発と有効利用に関する研究（共研）

Development of Construction Used for the Basement and its Effective Utilities

北海道に適したゆとりのある生活文化を確立するためには、居住空間の充実を図ることが重要である。このためには、これまでの居住空間の構成、活用法を見直し、積極的に利用することが必要である。特に地下室はこれまで物置、車庫などに利用されるにとどまっていた。これをブレイルーム、オーディオルームあるいは居室などに積極的に利用することによって、ゆとりある生活をつくり出すことが可能である。それには自由な空間を造るために、剛性の高い、長尺な床梁の開発および使用目的に適した環境をつくるための木質内装材とその施工法の開発が必要である。

(1) 木質複合梁の性能評価

平成元年度に、種々の機械的接合法による木製複合梁の中でも経済性および曲げ性能のよい、ドリフトピン接合による重ね梁の設計方法の検討を行った。2年度にはドリフトピン接合の重ね梁による床組を作製し、床組の剛性試験および床弾力性試験を行い、床組の性能評価を行った。

床組試験体は下地板のみ、ならびに下地板にフローリング仕上げを行ったものについて剛性試験および床弾力性試験を行った。剛性については全ての試験体で住宅の床組としては十分な結果が得られた。床弾力性試験については下地材のみの場合、反発作用がかなり大きく、フローリングを張った場合については、反発作用は下地材のみの場合に比べて小さくなったが、緩衝作用が大きく働いて、逆にやわらかい床となった。これは下地材とフローリングの接合を釘で行っているため、面材が一体化して働いてないことが考えられる。

今回試作した重ね梁による床組は、剛性試験結果からも明らかのように梁としての性能は十分なものであった。しかし、床弾力性試験機による衝撃試験では面材を下地板のみの場合および下地板にフローリングを釘打ちで張っただけで試験を行ったため、良い結果は得られなかった。面材の厚さを増したり、根太の性

能や配置間隔を改善し、面材自体の剛性を高めることによって、梁の性能を生かすことのできる衝撃性能の高い床組を得ることができると考えられる。

これまでの試験結果から、ドリフトピン接合による重ね梁の場合、簡易な複合梁の中では剛性は期待できるが、長期性能をみるとドリフトピン部で部材間の滑りが大きいことが明らかになった。したがって、今後の検討課題として部材間をより強固な形で接合させなければならないことが明らかになった。

(2) 地下空間における木質内装材の効果の検討

元年度に開発した内装壁パネルを地下室に施工するための固定方法を開発し、実際の地下室に施工し、その吸音力を測定すると同時に、施工性について検討を加えた。なお、取付けは、アンカーボルトで壁に固定したC型チャンネルに前もって工場で作製した壁パネルをはめ込む方法を採用し、施工の簡略化を図った。なお、一部のパネルの背後面に25mmフォームポリスチレン板をはめ込んだ。なお、本研究では、壁パネルだけを対象としたため、壁パネル施工部分以外の壁面、床面、天井面などは内装仕上げを行わなかった。残響時間の測定は、壁パネルの施工前と施工後に行った。

施工試験の結果、施工の簡略化を十分達成できた。残響時間の測定の結果、パネルの吸音率と文献から得られた各種表面材の吸音率から求められた残響時間の推定値と実測値は一致した。そのため、これらのデータから音響設計を行うことができることを確認した。また、今回吸音壁パネルを施工しなかった床、天井、壁の一部についてもフローリング材、クロス張りなどの内装施工をしたと仮定すると、リスニングルームには最適の残響時間となることが分かった。

本研究では、その性能の検討は音環境だけに絞ったが、地下室などの比較的過酷な環境で使用される場合には、特に温・湿度変化に伴う木材の耐久性および外壁への結露誘発といった弊害を生じる可能性がある。これらの問題は、今後検討されるべき課題であろう。

(昭和63年度～平成2年度)

(構造性能科、性能開発科、)

北海道立案地住宅都市研究所)

1.3 大規模構造物の施工技術および資材の開発

Development of Building Technology for
Large - Scale Structures and Materials

1.3.1 体育館用床暖房構造とそのシステムの開発 (民間受託)

Development of a Heating Floor Construction
System and the System for Gymnasiums

(平成2年度～平成3年度)

(成形科, 加工科, 構造性能科, 性能開発科)

2年度では, 接合効率の良かった帯金物とボルトを組み合わせた接合法を用いて, 丸太谷止工(三角ダム)を試作し, 強度試験により破壊形態を観察・調査し, 接合法を評価した。試験の結果, 最大荷重における施設の破壊の形態は, 横つなぎ丸太中央部の荷重点での曲げ破壊に因るもので, 主支柱と横つなぎ丸太との接合部では, 多少の座金のめり込みとボルトの変形がみられたが, 大きな破損は認められなかった。このことから試作三角ダムは, 横つなぎ丸太で破壊することはないと判断され, 施設の破壊は三角ダムの倒壊に因るものになると考えられる。また, 今回採用した接合部は問題ないことが明らかになった。

(平成元年度～平成2年度)

(構造性能科)

1.4 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 for
Public Works and Agricultural Facilities and
Materials

1.4.1 木製治山用施設の強度試験

Strength Test of Wooden Constructions for
Soil Conservation Flood Control

治山用施設は, これまでコンクリートが主体であるが, 木材を活用した工法の採用により, より早期に確実に植生の定着を図り得るといった利点が生まれる。カラマツ間伐材等の需要拡大の観点からも, これらの中小径材を治山用資材に, 積極的に利用することが望まれる。そこで, 林務部治山課からの要望でもあるカラマツによる丸太谷止工(三角ダム)の接合部の強度性能および破壊形態を明らかにし, その安全性を確認することとした。

平成元年度では, 丸太支柱と横木との接合および横木の長さ方向の継手の接合について, なまし鉄線, 鉄釘, ボルト等の従来からの接合方法の他に, コーチスクリュー, ドリフトピンなどの金物を使用した強度試験を行った。試験の結果, 破壊強度と同一荷重での変形量から, 丸太支柱と積木との接合は, 大きめの座金を付けたボルト接合が最も良いと思われる。横木の長さ方向の継手では, 帯金物をボルト締めるものが最も良いと思われる。

1.4.2 治山施設等におけるカラマツ間伐材の利用技術の開発(民間受託)

Utilization of Small Larch Logs for Forest
Land Conservation

(平成2年度～平成3年度)

(加工科)

1.5 木製エクステリア製品の開発

Development of Wooden Exterior Products

1.5.1 中小径材のエクステリアへの利用技術開発

Development of Exterior Equipments Using
Small Wood

最近の都市づくりや街づくりにあたっては, 住宅周辺の戸外空間をはじめ, それと連なる街並の景観や広場・公園等の公共空間も重要視されるようになってきた。これらの空間を演出するエクステリア製品にはこれまでコンクリートなどの非木質系材料が多く使われてきたが, 木材が使われるケースが最近非常に増えてきた。木材が使われる理由としては, 質感の良さ, 弾性特性による歩行感の良さ, 熱伝導特性による接触感の良さ, 樹木との調和のしやすさ, 塩害を受けにくいなどがあげられる。特に, 冬期の積雪・寒冷を考慮しなければならない本道においてはエクステリアを木製

にする意義は大きい。しかし、これらに関する製品や技術の開発はあまり行われておらず、しかも屋外という厳しい自然条件を考慮した対策やメンテナンスが必要である。そこで、本研究では現在需要開発が急がれているカラマツ、トドマツなどの中小径材を用いて、デザインにすぐれ、加工性・施工性が良く、耐候性・耐久性に富んだローコストなエクステリア製品の利用技術を開発することを目的とした。

平成2年度の試験の概要は次のとおりである。

(1)住宅用エクステリアとしてデッキ、木レンガ、パーゴラ、フェンスなどについてこれまでの試験結果を整理するとともに、内外における各種の事例を分類・整理し、その中のいくつかについて設計概念および施工上の留意点として取りまとめた。

(2)中小径材を使った住宅用木製フェンスの設計・施工を行った結果、積雪期を経過した段階において部材の変形や破損などの支障は特にみられなかった。また、一般には積雪期には取りはずしが可能な方式のものも求められており、脱着式フェンスの開発が今後の課題であろう。

(3)児童公園における木製遊具などの屋外施設について、防腐処理の方法や腐朽の度合、塗装に関する実態調査を行ったところ、防腐処理が不完全なために数年で激しく腐朽しているものがみられた。多くは定期的なメンテナンスが行われておらず、今後の木製屋外施設の普及のためには防腐処理の徹底とメンテナンスの励行をさらに啓蒙していく必要がある。

(平成2年度～平成4年度)

(性能開発科, 構造性能科, 接着塗装科, 耐久性能科)

2. 木質材料の性能向上技術の開発

Research and Development for Improving Technologies of Wood Material Properties

2.1 寸法安定性向上技術の開発

Development for Improving Technology of Dimensional Stability

2.1.1 MG処理パーティクルボードの製造条件の確立

Establishment of the Manufacturing Condition of MG Treated Particleboard

現在の日本の木材使用量のうち、国産材の占める割合は3割に満たない。これは日本に木材資源の絶対量が少ないからではなく、国産材に優良大径木が少なく、そのこと自体によって諸コストが高くなることなどによる。しかしながら、世界的な環境保護意識の高まりの中で、熱帯産大径木を大量に消費する日本の体質を改めるべきであるとの意見も出始めている。

したがって、日本で生産可能な木質材料の有効利用は、単に経済原則からだけでなく、地球環境といったグローバルな観点からも、これを図る必要がある。

この目的のためにはパーティクルボードは最適な材料である。すなわち、パーティクルボードは間伐材などの小径材や低質材、廃材などから任意の大きさの面材料が製造可能であることから、木材を最も有効に利用していると考えられる。

しかしながら、パーティクルボードには耐水性が低いという欠点があり、日本のように湿度の高い国では用途が家具用などの耐水性を必要としない部分に限られているのが現状である。パーティクルボードの建築分野などへの需要拡大を図るためには、耐水性を向上させることが必要と考えられている。

林産試験場ではこの欠点を克服する目的で2塩基酸とポリオール混合物を利用した新しい化学処理(MG処理)法を開発し、優れた耐水性をパーティクルボードに付与できることを明らかにした。この方法は薬剤コストも安く、操作も簡便なため、工業生産に適用が可能であると判断した。

本課題では、新しい処理技術を工業生産に適用することを想定し、製造条件の細部にわたる検討を行った。

マレイン酸・グリセリン混合物はすでに報告した方法によって予備縮合を行った後、60%水溶液とした。

MGの混合比は、最適混合比である3:1(M:G)とした。

試験には特に断らない限り、カラマツ間伐材から調製したウェハー状(長さ40mm,厚さ0.5mm,幅ランダム)を含水率2~4%に乾燥して用いた。

(1) MG 添加率とプレス温度

MG 添加率を0% (対照条件)~10%まで、ホットプレス温度を210~250℃まで変えてパーティクルボードを製造し、その耐水性能と強度性能について検討した。

浸水時の厚さ膨張率は、プレス温度に大きく影響されることはよく知られているが、MG 処理パーティクルボードでも、絶対値はかなり低い、同様の傾向は認められた。すなわち、無処理パーティクルボードでは210℃から250℃までプレス温度を上げると、厚さ膨張率は21.9%から9.0%まで減少するが、10% MG 処理では8.5%から3.2%に減少した。MG 処理は低添加率でも十分な効果を発揮し、3% 添加でもパーティクルボードの吸水厚さ膨張率を半減させた。工場での製造コストを考える場合には、要求性能、プレス温度および MG 添加率の3 因子を総合的に考慮する必要がある。

(2) 樹種

カラマツのほかシナ、ナラ、カバ、トドマツを用いて樹種を因子として検討を行ったが、いずれの樹種でも MG 処理の効果は十分に発揮され、優れた耐水性をもつことが明らかになった。強度については、無処理パーティクルボードで得られた結果と同様の傾向、すなわち、同一パーティクルボード比重で比較すると、比重の軽い樹種ほど優れた性能のパーティクルボードが製造可能なことが明らかとなった。

MG 処理の基本反応はエステル化と考えられているが、この反応を特に阻害する抽出成分は報告されていないので、ほとんどの国産樹種で MG パーティクルボードの製造は可能と考えられる。

(3) 熱処理

MG 処理の短所の一つに、高温でのプレス工程がある。熱媒体を用いた新しいプレス装置を備えた工場なら250℃程度の温度は問題ないが、既存の蒸気加熱方式のシステムでは対応できない場合もある。この不利を解決するために、比較的低温 (180℃) でホットプレスした後、熱処理により性能を改善することを試みた。MG 添加率は10%とした。180℃でホットプレスしただけでも24時間吸水時の厚さ膨張率は10%程度と

なり、かなり優れた性能を得たが、180℃で熱処理すると耐水性能はさらに向上し、1時間で9.0%、2時間で6.3%、3時間で5.2%まで改善された。また、160℃で熱処理した場合、180℃での熱処理の2倍の時間でほぼ同様の改善率となった。これらのことから熱処理と組み合わせることにより、既存の蒸気加熱式のホットプレスでも MG 処理パーティクルボードを製造できることが証明された。

(4) ホットスタック

ホットプレス直後のパーティクルボードはかなり高温状態であるが、工場での製造時には一般的に強制的に冷却処理をしている。これを強制冷却せずに何枚も積み重ねておくとパーティクルボード自体の断熱性のため長時間にわたって高温状態が保持される。この余熱を利用して MG の反応を進めることが可能かどうかについて検討した。その結果、最上層と最下層の枚数を除いて、内部は高温状態が長時間続いており、反応が十分可能であると判断された。しかしながら、生産効率の点からは上層、下層の枚数を無駄にすることになり、何らかの加熱装置の併用が望ましいと判断された。

(5) 触媒

MG 処理の基本反応はカルボキシル基と水酸基の脱水縮合と考えられているが、この反応は触媒により促進されることが知られている。本試験では、プレス温度の低下を目的として、エステル化触媒を加えて MG パーティクルボードを製造し、その耐水性について検討した。触媒としてはナトリウム、カリウム、カルシウム塩を用いた。触媒の効果は160℃程度の比較的低温でプレスした場合には認められたが、それ以上の温度では触媒無添加の MG パーティクルボードとの間に有為な差は認められなかった。これは MG 処理の基本反応であるエステル化の律速段階が生成水の反応系からの離脱であることと関係していると考えられる。これらのことから、触媒を用いてホットプレスの温度低下を直接的に図ることは難しいが、ホットスタック時のように比較的低温が長時間続くときには有効と考えられる。

MG 処理は、優れた耐水性のパーティクルボードを低コストで製造できること、実大ボード製造時にも特に問題となる点は認められなかったこと、屋外での暴露でも優れた性能であったことなどが明らかとなっている。また、不利な点の一つである高温での熱圧過程についても致命的なものではなく、熱処理や、ホットスタックと組み合わせることにより解決が可能であることが明らかとなった。薬剤のコストについても、ホットプレス温度を高くすることでかなり低下が可能であることも明らかとなった。

これらのことから、MG 処理は現時点で最も実用化の可能性の高い化学処理技術であると考えられる。

(平成元年度～平成2年度)

(成形科)

菌および軟腐朽菌を用いて検討した。その結果、MG 処理は腐朽型によりその効果は異なっており、褐色腐朽菌オオウズラタケに対して最も大きな効果を示し、次いで白色腐朽、軟腐朽の順となった。

また、MG 処理は変形の固定にも有効であり、曲げ加工を施した木材の吸水・乾燥の繰り返し試験の結果、曲げを半永久的に固定することが明らかとなった。この固定能を利用することにより、木製家具（特に屋外等の過酷な環境下で使用する家具）のデザインの自由度を大きく向上させることが可能と考えられる。

今後、MG 処理の優れた寸法安定性および変形の固定能を生かした用途について検討する予定である。

(昭和63年度～平成3年度)

(成形科)

2.1.2 新しい化学処理木材の開発（林野大プロ）

Development of a New Chemical
Modification of Wood

この課題は林野庁の大型プロジェクト研究「国産針葉樹材の高付加価値化技術の高度化」に基づき、昭和63年度から実施している。この課題は大きく二つに分れており、一つは素材および処理材の耐久性の評価であり、もう一つは新しい耐候・耐久処理技術の開発である。前者に関しては63年度から引き続き、屋外・屋内での暴露を継続中である。暴露サンプルの一部を抜き取り、森林総合研究所に送付して、色調変化などについて測定中である。

後者の新しい化学処理については、林産試験場ではパーティクルボードの寸法安定化を目的として開発したMG 処理の木材素材への適用を検討中である。

元年度までの結果としてMG 処理の最適処理条件が一部明らかとなっている。すなわち、現時点で最適MG 処理条件は以下のとおりである。溶媒はメタノール、混合比は6:4～7:3、触媒としてはナトリウム塩、反応温度と時間は、触媒使用時には、160℃、3時間程度が良いことが明らかとなっている。その場合の抗膨潤能（ASE）は70～80%程度であった。

2年度は、耐朽性能について褐色腐朽菌、白色腐朽

2.2 耐朽性向上技術の開発

Development of Improving Technology of
Durability

2.2.1 トリコデルマ利用による新規防腐処理法の開発

Development of New Preservation Technique
with Imperfect Fungi, *Trichoderma* spp

トリコデルマは、子囊菌に属するカビの不完全世代のグループである。このカビは、他の微生物に対して拮抗作用を持つことが古くから知られているが、この性質を利用して木材を防腐しようとする試みが最近増えており、今後の発展が期待されている。そこで、林産試験場でもトリコデルマを利用した木材防腐の手掛かりを得るため、昭和63年度から本研究を始めた。ここでは3年間の成果の概要を述べる。

本研究では、まずいろいろな分離源からのトリコデルマ菌株について、寒天培地上でオオウズラタケ、カワラタケ、ナミダタケおよびヒロタケに対する対峙培養を行い、それらの菌に対する拮抗作用を調べた。

次に選択したトリコデルマ菌株を用いて、木材上での拮抗作用を調べた。すなわち、トリコデルマに暴露した木材をそのまま木材腐朽菌に暴露する方法、またはその逆の順に暴露する方法、さらにトリコデルマに

Table 1 3 Strains of *Trichoderma* spp. tested for dual culture with 4 Basidiomycetes on wood

	Strain No.	Source
<i>Trichoderma</i> sp.	M 3 - 158a *	Sugi (<i>Cryptomeria japonica</i>) buried wood in soil.
<i>Trichoderma</i> sp.	S-631	Lumber decayed by <i>Serpula lacrymans</i> .
<i>T. koningii</i>	S-613	A sawdust medium of <i>Pholiota nameko</i> .

*Kindly donated from Dr . H . Tanaka , Kinki Univ., Osaka, Japan

Table 2 Average weight losses (Standard deviation) of Ezomatsu and Buna sapwood blocks exposed to 4 Basidiomycetes after 3 *Trichoderma* strains had grown over the surface of them

<i>Trichoderma</i> strain	Basidiomycete	Wood weight loss (%) * ¹	Hyphal growth on wood surface * ²
Ezomatsu			
<i>Trichoderma</i> sp.	<i>T. palustris</i>	0	+ -
M 3 - 158a	<i>S. lacrymans</i>	0	+ -
<i>T. koningii</i>	<i>T. palustris</i>	0	+ -
S-613	<i>S. lacrymans</i>	0	+ -
<i>Trichoderma</i> sp.	<i>T. palustris</i>	0	+ -
S-631	<i>S. lacrymans</i>	0	+ -
Control * ³	<i>T. palustris</i>	39.6 (15.3)	++
	<i>S. lacrymans</i>	26.9 (4.65)	++
Buna			
<i>Trichoderma</i> sp.	<i>C. versicolor</i>	41.4 (4.63)	+ -
M 3 - 158a	<i>P. coccineus</i>	30.1 (23.2)	+ 3 + - 3 - 3
<i>T. koningii</i>	<i>C. versicolor</i>	51.1 (7.02)	+
S-613	<i>P. coccineus</i>	3.60 (8.11)	-
<i>Trichoderma</i> sp.	<i>C. versicolor</i>	43.4 (6.98)	+ -
S-631	<i>P. coccineus</i>	9.01 (12.3)	+ - 3 - 6
Control * ³	<i>C. versicolor</i>	41.9 (4.54)	++
	<i>P. coccineus</i>	67.2 (7.45)	++

*¹ Values represent means of nine replicates

*² Vigor of hyphal growth of Basidiomycete is shown , ++ = vigorous growth , + = normal growth , +- = poor growth , - = no growth . Numerals represent number of wood blocks which had each stage of hyphal growth . No indication means 9

*³ Soil- or agar-block test with Basidiomycete alone

Note : No weight loss of wood blocks was shown on agar block tests with *Trichoderma* spp

Table 3 Effects of 3 *Trichoderma* strains by soil treatment on 3 types of soil against *S. lacrymans*, FFPRI 0739, at 20°C (10⁹ cfu per 10 ml of spore suspension was adopted for a jar)

Trichoderma strain	Soil type * ¹	Hyphal growth at 60 days after setting * ²		Average weight loss of wood blocks (SD) * ³
		the surface of treated layer	the surface of wood blocks	
M 3-158 a	KA	+	+	11.6
	HA	-	-	0
	HN	-	-	0
S-631	KA	+	+	2.20
	HA	+-	+-	0
	HN	+-	-	0
S-613	KA	+	+	27.8 (5.90)
	HA	+-	+-	0
	HN	-	-	0
Control	KA	++	++	37.4 (3.20)
	HA	++	++	38.5 (3.60)
	HN	++	++	37.8 (10.7)

*¹ KA = autoclaved Kanuma-soil, HA = autoclaved horticultural soil, HN = native (not autoclaved) horticultural soil

*² Showing hyphal development on the surface of treated layer or wood block, ++ = growth on all the surface, + = growth on part of the surface, +- = growth on part of the surface, but declining, - = no growth

*³ Average weight loss of wood blocks covered with mycelium
SD = standard deviation

暴露後、ガス滅菌や加熱滅菌を経てから木材腐朽菌に暴露する方法などである。

また、ナミダタケの被害を防止する目的で土壌処理をトリコデルマで行った場合の効果について検討した。この方法は、あらかじめナミダタケの繁茂した土壌培地上にあらたにトリコデルマ孢子懸濁液を混合した土壌を所定の厚さにのせ、所定期間培養後にその処理土壌をナミダタケ菌糸が貫通するか否かを検討するものである。以上の実験の結果、次のことが明らかになった。

(1)ナミダタケ被害材から分離された菌株やナメコ菌床栽培の害菌として分離された菌株の中に木材腐朽菌に対する拮抗力の比較的強いものが見いだされた。

(2)上記で選択されたトリコデルマ (Table 1) の木材腐朽阻止力は、先にトリコデルマが侵入した場合にナミダタケ、オオウズラタケに対して顕著であった (Table 2)。ただし、カラタケやヒイロタケに対する効果は小さく、腐朽を完全に阻止することはできなかった。すなわち、トリコデルマの木材腐朽阻止力

は、対象とする腐朽菌によって異なるため、多数の腐朽菌に対する防腐を想定した土台の処理などに使うことは困難である。

(3)エチレンオキサイドガスでトリコデルマを殺した場合でもナミダタケに対する効果は残されているので、この場合の効果はトリコデルマの代謝産物に依存していると考えられる。

(4)木材中に既に木材腐朽菌が侵入している場合にはトリコデルマの腐朽阻止力はほとんど全く示されなかった。したがって、トリコデルマ生菌による処理は腐朽菌の侵入以前に行う必要がある。

(5)ナミダタケのみを対象とする土壌処理の効果の一部を示すと Table 3 のようになる。試験土壌の種類によって効力に差があることが示された。その原因は不明である。

(6)これまでの結果からナミダタケを対象とする土壌処理には、トリコデルマの利用が可能であると判断される。今後の課題として、その効力に影響を及ぼすと考えられる他の微生物の長期間にわたる影響や、トリコ

デルマの生長に影響をあたえるであろう栄養分添加の是非などを検討する必要がある。

(昭和63年度～平成2年度)

(耐久性能科)

2.2.2 官能基導入による木材の表面改質の研究

Improvement of Wood Surface by

Chemical Modification

木材は内外装材として広く用いられている材料であるが、その耐久性は十分とはいえない。そのため使用する上での制限が多く、またさまざまなトラブルが発生しているのが現状である。

本研究は、化学修飾により木材に官能基を導入することによって、木材の耐久性を向上させることを目的としたものである。木材への導入官能基は、経済性、簡便性、後処理との関係を考慮して決定した。

その結果、化学修飾としてカルボキシメチル化が最適であることを見だし、その処理条件を把握した。

この中で、エタノール・水混合溶媒を媒体として低アルカリ濃度下でカルボキシメチル化が可能であることを見いだした。また、後処理の一つとして、金属導入による耐水性、耐朽性の向上が考えられ、導入金属の種類、導入条件を明らかにした(平成元年度)。

この中で、常温、常圧下で金属が容易に導入されることを見いだした。2年度はエタノール・水以外の混合溶媒を用いた場合のカルボキシメチル化の可能性と導入金属の種類と処理材の吸水時の寸法安定性を検討した。結果は以下のとおりである。

- (1)ピリジン、ジメチルホルムアミド、ホルムアミドではカルボキシメチル化反応は全く起こらなかった。
- (2)ジメチルアセトアミド、N-メチルアセトアミドではわずかに反応した。
- (3)ジメチルスルホキシド、メチルセロソルブ、ヘキサメチルホスホリックトリアミドではエタノールと同程度の反応性を示した。
- (4)側鎖に対する金属の導入量を増加させても寸法安定性の改質効果は認められなかった。
- (5)処理材の吸水率は無処理材の1/3であった。

(6)処理材には高い水溶性が付与され、接触角は無処理材では64°であったが、Alでは126°、Fe(Ⅲ)では130°であった。ちなみにテフロンでは110°、シリコン系の塗料を塗布したものでは99°である。

(平成元年度～平成3年度)

(化学加工科)

2.3 耐火性向上技術の開発

Development of Improving Technology of

Fire Resistance

2.3.1 木質系防火戸の開発

Development of Fire Doors Made of Wood

Materials

平成2年6月、防火戸の試験方法と評価基準に関する建設省告示が改正され、これまで防火戸として使用することができなかった木製ドアや木製サッシが使用可能となった。そこで2年度より2年計画で木質系防火戸の開発に着手した。

建築物の開口部、つまり窓やドアは防火上の安定性を確保するため、その構造に関していくつかの規制を受けている。たとえばホテルやマンション、高層建築物、デパート、飲食店、集会場のように不特定多数の人々が利用する建築物では、窓やドアに防火戸を使うことが義務づけられている。また、木造住宅でも地域によっては、窓に防火戸を使うことが義務づけられる場合がある。

防火戸はその防火性能によって甲種と乙種とに区分されており、甲種は60分間の、乙種は20分間の耐火試験によって性能を評価し、あらかじめ建設大臣の認定を得たものでなければ使用できない。今回改正された防火戸の評価方法は次のとおりである。

- (1)すき間、裏面側に達する亀裂などを生じないこと。
- (2)裏面側に発炎を生じないこと。
- (3)裏面側に著しい発煙を生じないこと。
- (4)加熱終了後、重量3kgの砂袋による衝撃を与えられても、有害な破壊、はく離、脱落のないこと。

建築基準法や消防法では、窓は乙種防火戸で十分であるのに対し、ドアでは多くの場合、甲種防火戸とす

ることが要求される。そこで、2年度はまず木質系甲種防火戸を開発するため、ドアに対する予備的な燃焼試験を行った。

予備燃焼試験のためのドア供試体は次の仕様とした。ドア本体とドア枠との間はケイ酸カルシウム系の発泡材を使用し、ドア本体には、①厚さ60mmの難燃処理トマツ集成材、②厚さ60mmの難燃処理カバ集成材、③厚さ49mmの木材-無機複合材料を使用したものを供試体とした。燃焼試験の結果、①については80分の遮炎性を示し、②についてはドア本体に大きな狂いを生じてドアとドア枠との間の隙間から44分で燃え抜け、③については57分にドアノブ取付部から燃え抜けた。

本試験の結果、木製の甲種防火戸の基準をクリアーする見通しを得たので、3年度には防火戸の製造基準を作成する。

(平成2年度～平成3年度)
(耐久性能科)

2.3.2 準不燃軽量内装材料の開発

Development of Fire-Proofing Light Panel

近年住宅の快適性が追求されることがますます多くなってきているが、それに伴い建築材料と住宅の工法にも高性能化、高機能化が要求されるようになっていく。

これまで、住宅の内装壁材料といえば石こうボードが主流となっている。石こうボードは釘、ビスの保持力、引き抜き抵抗が小さく、また調湿機能が少ないなどの問題点が指摘されてきている。

本研究は難燃性能が準不燃グレードで、比較的軽量の無機系のバインダーと木質小片との複合内装材料の開発を目的としたものである。

原料および製造条件は以下のとおりである。

バインダー	普通ポルトランドセメント
木質	フレック状小片 (厚さ0.4mm)
水/セメント比	0.6~0.7
木質/セメント比	1/2.6~2.8
ボード比重	0.8~0.9
ボード厚さ	9~12mm

ボードの材質試験結果から、木質の配合比が高いも

のほど強度(曲げ強度、曲げヤング係数、内部結合力)が向上する傾向であった。

(平成2年度～平成3年度)
(成形科)

2.4 強度向上技術の開発

Development of Improving Technology of Mechanical Properties

2.5 遮音・吸音性向上技術の開発

Development of Improving Technology of Sound Insulation and Absorption

2.5.1 木質系遮音材料の開発 (共研)

Development of Woody Acoustic Panels

都市の過密化、産業の集中化、交通機関の高速化などによってさまざまな騒音公害が問題となっており、より快適な住環境へのニーズはますます高まりをみせている。

本研究はそれに応える面密度の高い木質セメントボードの特徴を生かした木質系遮音材の開発を検討するものである。

開発遮音材は厚さ12, 18, 24, 36, 48mmで、幅91×長さ182である。材料は道環境科学研究センターの残響室で、透過損失の測定によって性能評価を行った。

材料の1,000 Hzにおける透過損失は以下のとおりであった。

12mm	35.3 dB,	18mm	37.0 dB,	24mm	35.0 dB
36mm	39.2 dB,	48mm	41.0 dB		

今後はスチレン、ウレタンフォームなどの複合化を検討している。

(平成2年度～平成3年度)
(成形科、北海道立工業試験場、北海道ラーチ(株))

2.6 新性能付与技術の開発

Development of Technologies for Addition of New Properties

3. 木質材料と異種材料との複合化技術の開発

Research and Development for Combination of Wood and the Other Materials

3.1 複合材の製品開発と製造技術の確立

Establishment for Developing Products and Manufacturing Technologies of Composite Materials

3.1.1 ゴムチップパネルの応用製品開発 (共研)

Development of Utilization of Composite Panel with Rubber and Wood Particles

平成元年度では、ゴムチップマットの応用製品開発の一つとして、他の衝撃吸収材料との複合化によって

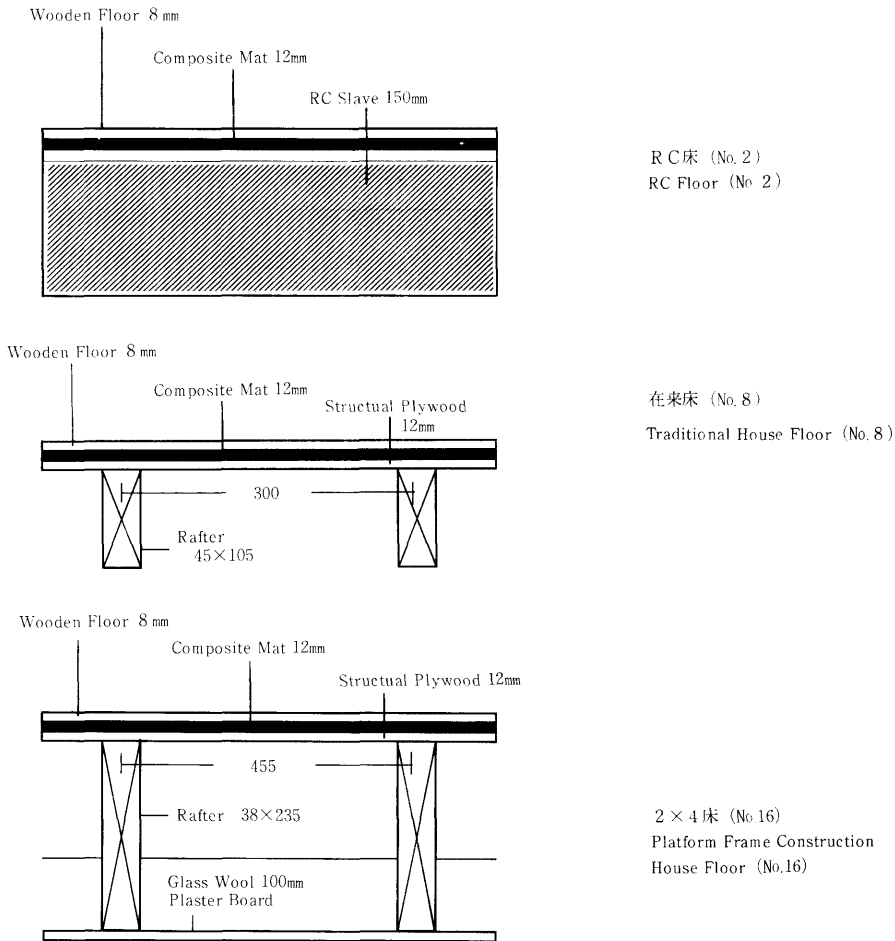
遮音効果を高めた防音床の用途開発研究を行った。この複合マットの遮音性能は簡易測定ボックスで測定した。その結果、床遮音材料として有望であることが証明された。

このため2年度では、さらに複合マットの実用化の可能性について検討するため、JIS A 1418「現場における床衝撃音レベルの測定法」に基づく測定を行った。

(1) 床構造

床構造としては、ポリエチレンフォームとの複合マットを下地材として、各種の仕上げ材を変えて作製した。

これらをRC構造、木造在来工法および2×4工法に施工し、遮音試験に供した。その例は第1図に示し



第1図 各種床構造
Fig. 1 Floor Constructions



写真 床衝撃音レベルの測定

Photo Measurement of impact Sound Level of Floor .

たとおりである。

(2) 試験結果

測定試験は JIS A 1416に基づく測定設備と標準RC構造体を備えている(財)日本建築総合試験所(吹田市)で行った(写真)。各種床構造の軽量床衝撃音の測定結果は第1表に示したとおりである。

RC床構造の場合、床厚さは150mmが標準的で、このRC床に複合マットを施工し木質フロアで床仕上げした。なお、150mm厚さのRC床の遮音等級はL80程度といわれている。複合マットの厚さ12mmと18mmでは遮音性能に大きな差異はなかった。しかし、木質フロアの厚さが8mmではL 60、12mmではL 70を示し、厚

第1表 床構造および遮音材と遮音等級

Table 1 Floor Construction , Sound-Proofing and the Grade of That

No.	Floor Construction	Foundation Materials	Composite Mat	Finished Materials	Sound Proofing Grade L
1	RC		(12)		50
2	〃		〃	Wooden Floor (8)	60
3	〃		(18)	〃	60
4	〃		(12)	〃 (12)	70
5	〃	Comp . Mat (12)+Adj . (35)+Rafter (45)+Wood Floor (12)			60
6	〃	〃 〃 +Structural Plywood (12)+〃			65
7	Tradition. II.	Structural Plywood (12)	—	Wooden Floor (12)	100
8	〃	〃	(12)	〃 (8)	85
9	〃	〃	〃	〃 (12)	95
10	〃	〃 *1	〃	〃	95
11	〃	〃	(18)	〃	95
12	〃	〃	(12)	Carpet (10)	95
13	〃	Wood-Cement Board (12)	〃	Wooden Floor (12)	90
14	〃	〃	〃	Carpet (10)	70
15	〃	S . P (12)+W - C . B (18) *2+Raf (12)+W . F (12)			90
16	2 × 4	S . P (12) *3	(12)	W . F (8)	80
17	〃	〃	(18)	〃	85

*1 9mm Plaster Board a Ceiling

*2 Mat Gutter 10mm Width, 40mm Pitt

*3 Ceiling + 100mm G. W. + Floor

さの効果のみられた。また、No.5 およびNo.6 の二重床タイプでもそれぞれL60, L65であった。

在来工法の場合、構造用合板に直接、厚さ12mmの木質フロアを張り合わせるとL100であり、これに複合マットや天井を施工しても改善量は5 dBと小さかった。

2×4工法の場合、天井仕上げと天井空間にグラスウールを挿入し、厚さ8mmの木質フロアで仕上げた場合、L80であった。

これらの測定結果から、RC構造、在来工法、2×4工法ともに複合マットによる著しい遮音効果はみられなかった。RC床に複合マットなどを施工して木質フロアで仕上げたものはL60を示したが、日本建築学会での集合住宅における許容値のL50, L55には達しなかった。

今後は、遮音性能をより向上させるために、ゴムチップマットの原料構成および複合化材料の選択、床仕上材などについて検討していく必要がある。

(平成2年度～平成3年度)

(成形科, 北海道立工業試験場, (株)サンフロア工業)

4. 木質材料の使用マニュアルの充実

Perfection of Use-Directory for Wood

Materials

4.1 樹種ごとの材質評価

Evaluation for Wood Qualities by Species

4.1.1 グイマツF₁類の材質評価

Wood Qualities of Guimatsu Hybrid and Other Larix Species

グイマツF₁では、若齢木についての調査で、これまでに次のような点が確認されている。すなわち、これらは、野ネズミの被害が少なく、樹幹が通直で生長が良いなどの性質があり、造林木として優れている。また、繊維傾斜度がニホンカラマツよりも小さく、年輪幅が広いにもかかわらず容積密度数が比較的大きいので、ニホンカラマツよりも強度性能が優れている。

こうした特長が、より高樹齢になった場合にも見いだされるかどうか検討した。

平成元年度に東京大学北海道演習林から32年生のグイマツF₁と、同一環境で育ったニホンカラマツおよびグイマツを各2本ずつ入手し、それらの基礎材質を調査した。その結果、年輪幅、容積密度数、繊維傾斜度などについては、同一林分の立木について若齢時に行った試験結果と同様な結果を得た。

2年度は、収縮率試験と強度性能試験(曲げ試験と圧縮試験)およびデンシトメーターを用いての容積密度の測定を行った。その結果は以下のとおりである。

(1)収縮率試験の結果を**第1表**に示す。接線方向(t)と半径方向(r)については、収縮率の大小関係は、グイマツ>グイマツF₁>ニホンカラマツであったが、繊維方向(l)については、明確な差はなかった。この結果は若齢時に得られたものとはほぼ一致していた。

(2)曲げ試験と圧縮試験の結果を**第2表**に示す。曲げ強さ、圧縮強さともグイマツの2本とグイマツF₁のNo.3が優れていた。強さの大小関係は、グイマツ>グイマツF₁>ニホンカラマツであり、若齢時の結果と一致していた。

(3)容積密度を胸高部付近の山谷二方向で測定した。

いずれの供試木も、容積密度は髓から外側に向かって増加した。しかし、ニホンカラマツ2本とグイマツF₁のNo.4の増加は緩慢であった。

各供試木の平均容積密度は、ニホンカラマツが511および524kg/m³、グイマツF₁が633および589kg/m³、グイマツが615および622kg/m³で、グイマツの2本とグイマツF₁のNo.3が大であった。

第1表 収縮率の試験結果 (平均値)

Table 1 Results of shrinkage test (Average)

供試木の種類と番号 Species and tested tree number	年輪幅 Annual ring width (mm)	気乾比重 Specific gravity based on air dry	含水率1%に対する平均収縮率 Shrinkage per 1% of moisture content (%)		気乾までの収縮率 Shrinkage from green to air dry moisture content (%)		全収縮率 Shrinkage from green to oven-dry moisture content (%)					
			l	t	r	t	l	r	t	r		
ニホンカラマツ Nihon-karamatsu	4.4	0.45	0.01	0.26	0.14	0.11	3.0	1.4	0.29	6.8	3.1	2.2
グイマツF ₁ Guimatsu hybrid	4.7	0.43	0.01	0.25	0.11	0.08	3.1	1.3	0.24	6.7	2.9	2.3
グイマツ Guimatsu	5.0	0.51	0.01	0.29	0.13	0.09	3.1	1.2	0.26	7.4	2.9	2.5
グイマツ Guimatsu	4.5	0.48	0.02	0.29	0.13	0.14	3.7	1.2	0.38	8.0	3.1	2.6
グイマツ Guimatsu	3.5	0.57	0.01	0.36	0.15	0.08	4.8	1.6	0.24	9.8	3.9	2.4
グイマツ Guimatsu	3.7	0.53	0.01	0.35	0.14	0.11	4.4	1.4	0.31	9.3	3.4	2.7

注) l: 縦線方向, t: 接線方向, r: 半径方向

Note) l: Longitudinal direction, t: Tangential direction, r: Radial direction

第2表 強度試験結果

Table 2 Results of strength tests

供試木の種類と番号 Species and tested tree number	年輪幅 Annual ring width (mm)	気乾比重 Specific gravity based on air dry	年輪幅 Annual ring width		曲げ強さ Bending strength (kgf/cm ²)		曲げヤング係数 Modulus of elasticity in static bending (10 ³ kgf/cm ²)		圧縮強さ Compressive strength (kgf/cm ²)	
			l	t	l	t	l	t	l	t
ニホンカラマツ Nihon-karamatsu	1.5~3.5~9.8	0.37~0.50~0.61	417~612~1045	35~87~141	281~433~557					
グイマツF ₁ Guimatsu hybrid	1.6~3.9~8.6	0.36~0.47~0.62	381~671~1013	35~81~132	280~387~543					
グイマツ Guimatsu	1.2~4.5~9.4	0.43~0.57~0.76	515~794~1324	34~90~169	320~443~652					
グイマツ Guimatsu	1.5~3.9~9.4	0.41~0.53~0.66	368~760~1225	42~91~147	265~426~602					
グイマツ Guimatsu	1.6~3.4~5.7	0.54~0.61~0.74	360~890~1202	82~121~171	418~548~749					
グイマツ Guimatsu	1.4~3.6~6.0	0.47~0.55~0.74	385~768~1261	54~103~166	310~453~718					

注) 含水率は13.8~15.8%であり, 強度の補正はしていない

Note) Moisture content of tested specimens are 13.8 to 15.8%, and values of strength properties shown in Table have not been corrected

(平成元年度~平成2年度)
(材質科)

4.1.2 道南産材の材質評価

Wood Qualities of Trees Grown in Southern Hokkaido

道南地方に分布するヒバ、スギ、ブナの3樹種について材質試験を行った。

(1) ヒバ材

収縮率および無欠点小試験体による曲げ試験、圧縮試験を行った。

含水率1%に対する平均収縮率は、半径方向が0.13%、接線方向が0.27%であった。

気乾比重は0.47、曲げ強さは790kgf/cm²、曲げヤング係数は104×10³kgf/cm²、圧縮強さは430kgf/cm²（いずれも平均値）であり、強度性能は日本で標準的な値とされているものと同様か、それを超えていた。

(2) スギ材

ヒバ材と同様に、収縮率および無欠点小試験体による曲げ試験、圧縮試験を行った。

含水率1%に村する平均収縮率は、半径方向が0.05~0.14%、接線方向が0.15~0.33%の範囲であった。

気乾比重0.31~0.49、年輪幅1.0~7.6mmで、曲げ強さは311~813kgf/cm²、曲げヤング係数は24~109×10³kgf/cm²、圧縮強さは199~456kgf/cm²の範囲であった。これらの値のうち、樹心部および、これ以外でも年輪幅の広い部分の値を除けば、ほとんどのものがスギの標準的な他として示されている下限値をクリアしていた。

(3) ブナ材

道有林松前経営区で採取した7本のブナについて、基礎材質試験を行った。また、無欠点小試験体による

曲げ試験と圧縮試験を行った。

供試木の概要は第1表に示すとおりである。なお、いずれの供試木にも偽心材があり、No.4のそれは星状偽心であった。No.4の樹幹には、虫の侵入した跡があり、これが星状偽心発生の原因であると思われる。

各供試木とも初期生長が悪く、当初の50~100年間ぐらいいは、年輪幅が1mm以下の場合がほとんどであった。No.4以外の供試木では、生長の悪かった部分と偽心材の範囲がほぼ一致した。このことから、偽心材の出現は、生長状態の変化が一つの引金になっているようにも思われる。

樹皮側から偽心材までの年数は70~100年、距離では10~15cmであった。このことは、この林の立木では、この年数以上、あるいは、直径30cm以上のものに偽心材の存在する確率が高いことを示唆していると考えられる。

含水率1%に対する平均収縮率は、半径方向が0.13~0.21%、接線方向が0.25~0.44%の範囲を示した。また、平均値は半径方向が0.16%、接線方向が0.31%であった。これらの値は、ブナの標準的な値として示されているものくらべ、最小値はほぼ同等であるが、最大値は小であり、その結果、平均値で8~9%小となった。

容積密度数は平均値が520kg/m³であった。

気乾比重0.67、年輪幅1.8mmで、曲げ強さは890kgf/cm²、曲げヤング係数は108×10³kgf/cm²、圧縮強さは440kgf/cm²（いずれも平均値）であった。これらの倍はブナの標準的な値として示されているものと同様であった。なお、これらの値の半径方向の変動をみると、いずれも樹皮から10cmぐらいいの距離のところ

ピークがあった。
(平成元年度~平成2年度)
(材質科)

第1表 供試木の概要

Table 1 The outline of tested trees

供試木番号 Tested tree number (No.)	胸高直径 Diameter of breast height (cm)	胸高部の年輪数 Number of annual ring at breast height
1	45	230
2	38	192
3	56	160
4	36	160
5	58	170
6	83	—
7	34	157

4.1.3 広葉樹の材質に関する研究

Wood Qualities of Mizunara Trees Grown in Hokkaido

(平成元年度～平成3年度)

(材質科)

における材の腐朽速度は野外よりも早く、重量減少が約6倍、強度低下が約2倍になっている。

これらのステークテストには既存の木材防腐剤 (CCA JIS type 1, 2) の他に注入処理用として、クロム・銅・リン系 (CCP), クロム・銅・ホウ素系 (CCB), 界面活性剤十銅化合物 (CT-87), 塗布用としてナフテン酸銅 (N-Cu), ナフテン酸亜鉛 (N-Zn), パーサティック酸亜鉛 (V-Zn), ヘキサネート亜鉛 (H-Zn) などを供試した。これらの薬剤で所定量処理したステークの6か月暴露後の平均被害度を **Table 3** に示す。

現在までのところ、促進ステークテストでCCAと同程度の防腐効力を示したものはCCP (2.4%, 1.2%) とN-Cu (1.0%) のみである。

4.2 木質資材の各種性能の評価

Evaluation for Properties of Wood Materials

4.2.1 製材強度の非破壊検査法の確立

Development of Nondestructive Method for Prediction of Lumber Strength

(平成元年度～平成3年度)

(材料性能科)

4.2.2 MG処理パーティクルボードの建築

用部材としての性能評価

Properties of MG-Treated Particle-boards

(平成2年度～平成4年度)

(材料性能科)

Table 1 Progress of strength and weight loss of Todomatsu (*Abies sacchalinesis*) wood stakes untreated in the accelerated-field-simulator test

Exposure period (month)	Bending strength σ_b (kg f/cm ²)	Young's modulus loss in bending test E_b loss (%)	Weight loss (%)
0	1303	0	0
2	949	9.43	1.06
4	830	23.8	3.72
6	600	21.3	6.16

4.2.3 外構部材への木材防腐剤の適用

Application of Wood Preservatives to Timber for Outside Use

木材を外構部材に使用する場合、適切な防腐処理を行う必要がある。本研究は、北海道産材に有効と思われるいくつかの防腐剤を選定し、その実験の効果を推測するために平成2年度より新規に開始した。

2年度は、接地して使用する外構部材の防腐処理性能を評価する目的で、トドマツ辺材 (1×1×20cm) を用いて野外におけるステークテストおよび一定温湿度条件 (28℃, 90% R.H.) 下で土壤に暴露する促進ステークテストを開始した。

両試験における6か月後までの無処理材の残存強度、重量減少の経過は **Table 1** および **Table 2** のとおりである。促進ステークテスト

Table 2 Progress of strength-and weighth loss of Todomatsu (*Abies sacchalinesis*) wood stakes untreated in the field stake test

Exposure period (month)	Bending strength σ_b (kg f/cm ²)	Young's modulus loss in bending test E_b loss (%)	Weight loss (%)
0	1303	0	0
2	1146	5.03	-0.5
4	1126	8.02	0.6
6	1116	18.9	1.24

Table 3 Condition of Todomatsu wood stakes treated with various wood preservatives after 6 months' exposure in the accelerated-field-simulator and in the field stake test site

Preservatives and concentration of treating solution * ¹	Average rating of decay * ²	
	Accelerated field-simulator	Field stake test
Control	1.6	1.0
CCA Type 1 (Chromated copper arsenate)	1.2% 0.6%	0.0 0.2
CCA Type 2 (Chromated copper arsenate)	1.2% 0.6%	0.0 0.0
CCB (Copper-chrome boron)	2.4% 1.2%	1.0 1.0
CCP (Copper-chrome-phosphorus)	2.4% 1.2%	0.0 0.2
CT-87 (Organic type copper compound+surfactant)	2.4% 1.2%	1.0 1.0
N-Cu (Copper naphthenate)	1.0% 0.5%	0.0 0.8
N-Zn (Zinc naphthenate)	1.0% 0.5%	2.0 2.0
V-Zn (Zinc versatate)	1.0% 0.5%	1.0 1.0
H-Zn (Zinc hexonate)	1.0% 0.5%	1.0 2.0

*¹ Retention of preservatives : 200kg/m³ for pressure process with CCA , CCB , CCP , and CT-87
200 g /m² for brushing process with N-Cu , N-Zn , V-Zn , and H-Zn

*² Rating system : 0 No decay
1 Partial slight decay
2 Slight decay
3 Condition of 2 and partial severe decay
4 Severe decay
5 Destroyed

(平成2年度～平成4年度)
(耐久性能科)

4.2.4 カラマツ丸太・たいこ材の実大曲げ試験 (住木センター受託)

Bending Test or Larch Log and Two - faced
Sawn Lumber in Full Size

(財)日本住宅・木材技術センターからの受託事業
で、丸太・たいこ材の実大曲げ強度性能を明らかにし、
強度等級区分法確立のための基礎資料とするために3
年計画で試験を行う。平成2年度は、サウンドアナライ
ザーによる生材時の丸太の動的ヤング係数の測定お
よび生材時の丸太の実大曲げ試験を行った。動的ヤン
グ係数は、110本のカラマツ丸太について測定を行っ

た。

測定結果は、 $82.6 \sim 139.1$ (平均 113.8) $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ の範囲に存在し、カラマツ材としては、大きな値であった。実大曲げ試験は、このうち34本について行った。

試験結果は、曲げ破壊係数 $445 \sim 625$ (平均 519) kgf/cm^2 、曲げヤング係数 $69 \sim 131$ (平均 108) $\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$ の範囲であった。

カラマツ製材の建築基準法上の材料強度 270kgf/cm^2 と比較すると最低値で約 1.6 倍の値であり、許容応力度に換算して 150kgf/cm^2 程度が期待できる。気乾状態にした場合、過去のデータから生材の値より 1.3 倍程度大きくなると考えられる。曲げヤング係数と動的ヤング係数の関係では動的ヤング係数の方が曲げヤング係数よりも 15% 程度大きな値を示していた。

(平成2年度～平成4年度)
(構造性能科)

4.3 木質資材の使用マニュアルの整備

Making - up of Use - Directory for Wood Materials

4.3.1 木質板状材料の用途別必要性能の評価

Evaluation of Wooden Boards Performance
Required in Each Field

木質板状材料としては合板、パーティクルボード、繊維板(ファイバーボード)、木毛セメント板、木片

セメント板などがあり、建築をはじめ家具、建具、電機器、雑貨など多方面で使用されている。しかし、これらの木質材料はプラスチック、鋼材など他材料との競合も激しく、新製品、新用途などの需要拡大が求められている。

一方、地球環境保全の見地から森林の保護・育成に対する関心も強まってきており、木材の有効利用をより一層推進しなければならない状況にある。

また、貿易の自由化により、木材製品の輸入拡大が避けられない状況になってきているが、これに対抗するためには、しっかりとした性能を持ち、特徴のある製品をつくる必要がある。

そこで、木質板状材料の需要開発および有効利用を図るため、性能評価基準を作成し、これらの性能評価を行ううえで必要な資料の充実を図り、それによって今後開発される木質材料(ボード類、単板をベースとした板、異種材との複合材料)に指針を与えることを目的に研究を実施した。

木質板状材料について、建築部材を中心として、用途部位別の物理的・強度的必要性能、保有性能を各種規格・基準・文献を調査・検討し、参考資料としてとりまとめた。

(平成元年度～平成2年度)
(材料性能科)

Ⅱ 林産工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 Technologies

1.1 切削技術の改善・開発

Improvement and Development of Cutting
Technologies

1.1.1 有節材の表面仕上げ加工

Superficial Finishing for Knotty Woods

道産針葉樹材の用途拡大策の一つとして、内外装材としての利用がある。しかし、カラマツ材およびトドマツ材には節が多いことから、塗装の素地調査のための表面仕上げは困難を伴う。そこで、これらの有節材を超仕上げ可能な盤を用いて表面仕上げするときの適正条件について検討を加えた。

この結果、カラマツ有節材を高速度鋼製工具で切削する場合の適正条件は、切削深さ0.05mm、送材速度毎分90mであった。切削深さを大きくすると、切り屑は排出しやすくなったが、節周辺の表面あらさは大きくなった。超硬合金製工具による適正切削条件は、本実験の範囲では高速度鋼製工具の場合と同様であった。

(平成2年度)

(加工科)

1.2 破砕技術の改善・開発

Improvement and Development of Pulverizing
Technologies

1.3 乾燥技術の改善・開発

Improvement and Development of Drying
Technologies

1.3.1 構造材の乾燥技術の開発（林野大プロ）

Development of Drying Technology for
Structural Lumber of Softwood

国産材を取り巻く環境は建築分野における木造率の

低下、代替材との競合、輸入材の増大など厳しい情勢におかれている。しかし、国産針葉樹材は人工林材を中心に供給量の増大が見込まれており、今後さらに国産材の需要拡大を図り、資源の有効利用を進めていく必要がある。このため、本テーマは特に建築関連部材の品質向上を目標とし、構造材の乾燥技術、内・外装材材料の高品質化技術の開発を全国規模で行っているものである。このプロジェクトは昭和63年度から4年計画で林野庁が実施しているもので、平成元年度までは、柱材の乾燥スケジュールの検討および乾燥コスト低減化に関する基礎試験を行ってきた。また、小径丸太乾燥についても検討し、これについては別項で述べる。

2年度は、元年度に引き続き風量変換による乾燥コスト低減化の検討、排熱の熱交換による省エネルギー化試験および丸太乾燥技術の検討を行った。また製材の含水率、寸法変化の調査を、製品市場1か所(2回)、製材工場2か所、建築現場3か所において実施し、取りまとめ後、奈良県林業試験場(全国集計担当)へ送付した。

試験研究成果の要約

(1) 風量変換による乾燥コスト低減化の検討

蒸気式乾燥装置(収容材積約2.5m³)で風量変換による乾燥試験を実施した結果、乾燥日数は標準乾燥スケジュール適用で12.8日、高温乾燥で8.7日となり、これは先に風量変換を行わずに通常乾燥を実施した乾燥日数にはほぼ一致した。これにより使用電力量は、従来の条件(送風機周波数50Hz一定)に比較して、いずれも約50%の節電効果が得られた。

(2) 排熱の熱交換による省エネルギー化試験

乾燥装置の吸排気筒にヒートパイプ式熱交換器を付設し、蒸気量を付設前と比較したところ、標準乾燥条件では約25%、高温乾燥条件で約15%の節減効果を得た。今後は吸排気量と交換効率の関係を検討する。

(昭和63年度～平成3年度)

(乾燥科)

1.3.2 小径針葉樹丸太の乾燥に関する研究

Study on Drying for Small Softwood Logs

木材乾燥の難易は、被乾燥材の樹種、材種特性に極めて大きく影響を受けるが、大部分の材は乾燥時間の長短は別にして、適正な乾燥条件を与えることにより乾燥は可能となる。しかし、心掛り、心持ち材、丸太材の乾燥技術は容易なものでなく、特に丸太材については従来から通常の温度域での乾燥は不可能とされてきた。そこで、本研究は乾燥スケジュールの最初から高温度域(100℃以上)で行う人工乾燥の検討を行った。まず、予備試験により割れ発生の最も少ない温度条件を求めた。その結果、約150℃近辺の温度条件での割れ発生が最も少なかったことから、以後の試験は150℃を基本として乾燥条件の検討を行った。

(1) 試験条件

供試木：カラマツ、トドマツ丸太（径級14～20cm、長さ90cm）、1条件各4～5本

温湿度条件：乾球温度150～70℃、湿球温度95～50℃

試験装置：小型乾燥機（使用温度範囲30～200℃）

(2) 試験方法

割れ発生防止の条件を求めため、上記温湿度条件内で種々の乾燥スケジュールを作成し、このスケジュールと供試木の含水率段階との関係から適正と考えられるスケジュールの検討を行った。

(3) 結果と考察

割れの発生程度が実用的に問題ないと判断できた条件は、乾燥初期に高温、高湿条件下（T：150℃、T^W：95℃）で乾燥、供試木の含水率が20%程度まで低下後は中温下（T：70℃、T^W：64～55℃）で最終含水率まで乾燥するという条件であった。結果の概要は

- ①カラマツ小径丸太については、実用的レベルで満足し得る品質の乾燥が可能であった。
- ②気乾含水率程度までの乾燥時間は、現在のところ4～6日間である。
- ③乾燥後の丸太から製材品（105mm角）を採材し、寸度変化について測定したが特に大きな問題は認められ

なかった。

④トドマツ小径丸太については、顕著な割れ防止効果は認められたもののカラマツに比較すると若干割れの発生頻度は高かった。

⑤実大材での予備試験においても割れ防止効果は顕著に認められた。

(平成元年度～平成2年度)

(乾燥科)

1.4 注入技術の改善・開発

Improvement and Development of Preserving Technologies

1.4.1 熱処理材のWPC加工の検討および性能評価 (民間受託)

The Properties of WPC with Steamed Wood

(平成2年度)

(化学加工科、接着塗装科、加工科)

1.5 接着技術の改善・開発

Improvement and Development of Gluing Technologies

1.6 表面処理技術の改善・開発

Improvement and Development of Treatment Technologies for Wood Surface

1.6.1 漂白処理技術の改善

Improvement of Technique in Bleaching Treatment

木材加工の現場において釘、刃物、工具、機械設備などの鉄製品との接触で鉄汚染が起こることがある。これをシュウ酸で除去した後、リン酸水素一ナトリウム処理で色戻りは防止されたが、塗装して使用しているうちに、塗膜が白く濁ることや、カバ材では赤変することがあった。そこで、この漂白処理による塗膜の白化および赤変を防止することによって、家具製造業、塗装仕上げをする集成材製造業および建築塗装業などにおける製品不良率の軽減による収益率の向上を目的に試験を行った。

平成元年度は塗膜の白化防止を検討した。ナラ、カバ、カラマツ素材に人工的に施した鉄汚染を3%シュウ酸溶液 5%リン酸水素ナトリウム溶液で除去した後、各種のポリウレタン樹脂を塗装し、これを高湿度室に入れて経過時間ごとの色、光沢の変化、白化の状態を測定した。その結果、下塗り、中塗りには塗料中に顔料を含まないウッドシーラー、クリアーを用いて塗装するのが良いことを見いだした。

2年度はカバの赤変防止を検討した。濃度の異なるシュウ酸の塗布量を変えたカバつき板合板について、赤変の発生条件を調べた。1%シュウ酸溶液を50g/m²以上塗布すると室内光で赤変が観察された。この時のカバ材表面のpHは約2と強酸性側であった。シュウ酸の濃度が高く、塗布量が多くなる程赤みが増した。この傾向はリン酸、次亜リン酸、亜リン酸でも同様に観察された。したがって、赤変はカバ材とシュウ酸との特有の反応ではなく、酸ヤケによるものと結論される。

赤変防止の条件を見いだすため、鉄汚染のないカバつき板合板に3%シュウ酸溶液を80g/m²塗布し、PHを0.4程度としたものについて、次の3種類の処理を施した。

- (1) 固しぼり・ぬれぞうきん、水ぶきによるふき取り
- (2) 5%または10%リン酸水素ナトリウム溶液塗布
- (3) 5%リン酸水素ナトリウム溶液塗布。

次いで(2)、(3)に塗装を行い、未塗装材とともに日光暴露、暗所放置、高湿度室放置で処理後の経時変化を観察した。

鉄汚染除去後の赤変防止処理面の酸性度をみると、(1)についてはほとんど改善されず、(2)についてはpH1.8とやや改善されたが不十分であった。(3)については約pH3.8となり日光暴露による変色も起こらなかった。鉄粉を用いて人工的に汚染を施したカバつき板合板に3%シュウ酸溶液を80g/m²塗布したものに5%リン酸水素ナトリウム溶液を80g/m²塗布した場合でも赤変防止と色戻り防止の効果が認められた。したがって、カバ材の鉄汚染除去に伴う赤変は鉄汚染を除去したあとで、アルカリ側の溶液である5%リン酸水

素ナトリウム溶液を塗布することで防止できる。
(平成元年度～平成2年度)
(接着塗装料)

1.6.2 木製窓、ドア等外装用木材の表面保護処理法の開発(共研)

Development of Surface Preserving Treatment of the Exterior Woods
(Woody Windows, Woody Doors and Other Woody Products)

近年、住宅の高断熱化に伴い再評価されている木製の窓、ドアなどの需要拡大を図るためには、耐久性を向上させることが必要である。一方、常温乾燥型のフッ素樹脂塗料が木材以外の分野で広く使われ、優れた耐候性を示している。そこで、フッ素樹脂塗料と外装用として実績のある塗料を用いた、外装用木材の表面保護処理法の設計と性能評価を行った。

検討した表面保護処理法(塗装仕様)は、下塗り、中塗りには市販されている外装木材用塗料8種、木材保護着色塗料1種およびシリコン系はっ水剤2種を組み合わせて塗装し、上塗りにはフッ素樹脂塗料と比較塗料を用いたものである。被塗装材には人工乾燥後含水率を12%に調湿したカバ、カラマツひき板を用いた。

塗装した試験材の表面形状を観察、光沢および色を測定した後、2とおりの促進耐久試験によって、塗装仕様別の塗膜の耐久性能を比較した。

まず塗装作業に支障がなく、初期の塗膜物性が良好な試験材について、1サイクルの試験条件を105 加熱4時間 70 温水浸せき2時間 冷水浸せき30分 -20 凍結16時間 ウェザーメーター処理22時間とした促進サイクル試験を行い、目視観察と色差、光沢度を測定した。

次いで促進サイクル試験10サイクル後、塗膜が健全に保持されていた塗装仕様について新たに試験材を作成し、ウェザーメーター処理(216時間の処理が屋外暴露1年に相当)を行い、目視観察と色差、光沢度、はっ水性を測定した。

これらの試験の結果、フッ素樹脂塗料を塗装すると

きの下塗り, 中塗りには, ポリブタジエン系樹脂塗料または保護着色塗料が最良であることを見いだした。また, これらの塗装仕様では, 屋外暴露6年に相当する時点でも塗膜の割れや白化はなく, はっ水性を維持していた。

(平成2年度)

(接着塗装科, 旭硝子株式会社北海道建材研究所)

1.6.3 RC (レジンコート) 処理による表面処理 コンパネの開発 (共研)

Development of Concrete-Form Panel Coated with Resin

コンクリート工事の型枠には, 金属, プラスチックなども使用されているが, その主流は合板である。型枠に使用する合板は, コンクリート型枠用合板 (以下コンパネという) として JAS でその性能が規定されており, 最近では, 塗装コンパネの生産が急速に増加している。これは, コンパネの原料である南洋材資源の減少, 質的低下によるところが大きい, 型枠の転用回数を増加させたい, 平滑なコンクリート仕上げ面が欲しいという使用者側からの要望もある。

ところで, コンパネに限らず, 一般に木材を工業的に塗装することは容易ではない。塗装コンパネの塗料は, ポリウレタンまたはアクリル塗料が多く, いずれも有機溶剤を使用する塗料である。有機溶剤の使用の際には工程内に排気設備を必要とし, 洗浄を初めその作業性, 取り扱いが容易ではない。また, 乾燥工程では多大のエネルギーを, 自然乾燥による場合は長い乾燥時間を要する。

そこで, 第1図に示すように, 水溶性の熱硬化性樹

脂に充填剤を配合した樹脂液をスプレッドで塗布し, ホットプレスで加熱圧縮することによって, 合板表面に均一で平滑な樹脂膜を形成, 硬化させる方法を考案した。平成2年度は, この方法で表面に樹脂をコートしたコンパネ (以下この加工をしたコンパネを RC コンパネという) の製造, 性能および建築現場での実用化試験を行った。

(1) 製造について

製造面については, 適切な樹脂の選択と充填剤の混合割合, 適切な塗布量と加圧, 加熱条件についての検討を行った。その結果, 以下のことが明らかになった。

①ベースとなる樹脂としては, 価格, 作業性などの面からユリア樹脂接着剤とフェノール樹脂接着剤を選択した。なお, 樹脂膜に可塑性を付与するため, ベースの樹脂100部に対して, 水性高分子—イソシアネート系木材接着剤を75部混合すれば良いことが判明した。

②充填剤にタルクを使用すると, 目止め効果が向上し, 小麦粉, クルミ粉を使用した場合より本目的には適していた。その混合割合はベースの樹脂100部に対して40~50部が適当であった。

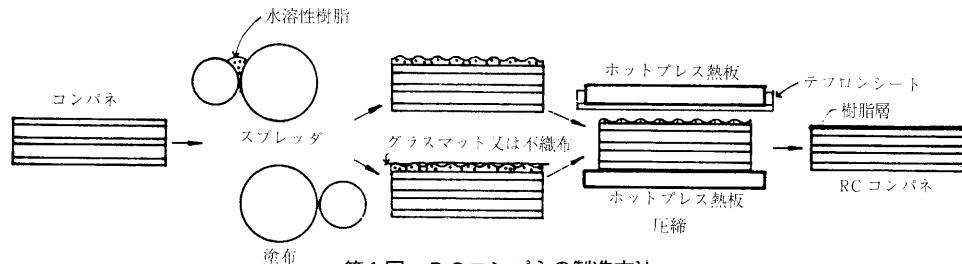
③塗布量は22~24 g /900cm²が適当であった。

④熱圧温度はユリア樹脂では120℃, フェノール樹脂では140℃が, 圧力は4~5 kJ/cm²が適当であった。

(2) 性能について

RC コンパネの性能を測定するため, コンパネの JAS に準じて寒熱繰り返し試験, 平面引張り試験, 耐アルカリ試験を実施したほか, 鉛筆硬度試験, 曲げ強度試験, セメント硬化不良試験も行った。その結果は以下のとおりであった。

①寒熱繰り返し試験の結果, 樹脂だけを塗布した RC



第1図 RCコンパネの製造方法

Fig.1 Product method of resin coated concrete-form panel

コンパネは割れが生じやすいが、樹脂膜中に薄いガラスマットまたは不織布を挿入すると割れ防止に効果があることが判明した。

- ②樹脂膜の付着力はJASの基準に合格した。
- ③アルカリ試験では、メラミン粉末を5～10%添加すると変色防止に効果があった。
- ④鉛筆硬度試験では、市販のコンパネより高い表面硬度が得られた。
- ⑤RCコンパネの曲げ強さは、いわゆる「生板」より若干優れていた。
- ⑥RCコンパネは、台板がセメント硬化不良を生じる樹種でも、硬化不良を防ぐことができた。ただし、樹脂膜に割れが生じないことが必要である。

(3) 実用上の問題点

実大サイズのRCコンパネを、マンション建築現場と土木工事現場で実際に使用して、実用上の問題点を探った。その結果は以下のとおりである。

- ①ベースの樹脂がユリア樹脂とフェノール樹脂では、その間に差は認められなかった。
- ②樹脂膜の割れ、コンクリートの変色など実用上問題となる欠点は生じなかった。
- ③塗装コンパネに比べ、脱型がやや困難で、コンパネの表面にコンクリートが付着することが多かった。

(平成2年度)

(合板科、ニヘイ合板(株)、オージー化学工業(株))

木本数の増加傾向に加えて、曲がりや径級のバラツキなども大きくなり、手作業による計測が困難になってきている。

このため、製材工程の中で問題となっている製材の形質を自動的に判別する装置を開発し、生産性の向上を図る方法の検討を行った。

これまでに耳付き材の木取りの自動化を目指し、形状と欠点を自動的に測定し木取り方法を計算する自動形状選別装置を試作し、形状および節の測定が可能であることを確認した。

平成2年度は自動形状選別装置の機能向上のためにプログラムの改良を行うとともに、装置の実用化の可能性を探るために連続運転試験を行い測定精度および等級推定の有意性の確認を行った。

(1) たいこ材処理の追加

たいこ材の場合は画像処理を行って得られるメリットよりコストがかさむことによるデメリットが大きく、材積滞留まりによる木取り決定を行う方が有利と判断した。なお、同一ラインに耳付き材とたいこ材が流れる場合を想定し、両者を区別したいこ材の場合は形状測定だけ行うプログラムに変更した。これにより連続運転で耳付き材は約20秒ごと、たいこ材は11秒ごとに測定することができるようになった。

(2) 連続運転試験

試作機を用いて耳付き材の連続測定を行い、得られたデータから昭和63年度に作成した最適木取りプログ

1.7 新加工技術の改善・開発

Development of New Processing Technologies

2. 生産工程の合理化

Rationalization of Manufacturing Processes

2.1 製材工程の合理化

Rationalization of Sawing Process

2.1.1 画像処理による形状選別技術の自動化

(地域システム事業)

The Automated Technology for

Measuring and Sorting Sawn Timber

人工林材の増加、天然林材の低質化により、消費原

第1表 推定等級と実測等級の比較
Table 1 Comparison between estimated and real grade

	出現率(%) Appearance ratio
+2	4.5
+1	22.7
0	31.8
-1	22.7
-2	18.2

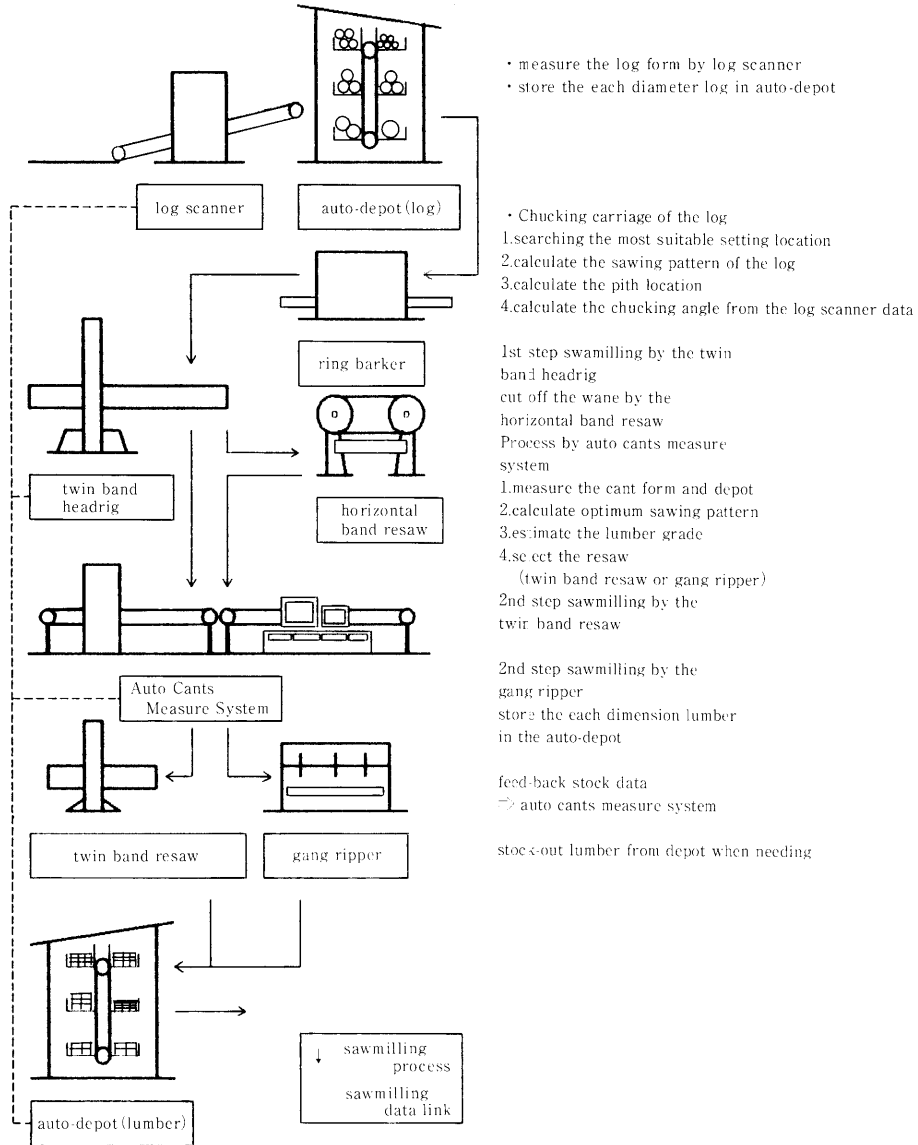
注) note)

- + : 過大評価 overestimate
- 0 : 適正評価 appropriate estimate
- : 過小評価 underestimate

ラムで決定した木取り方法に基づき実際に耳付き材の小割りを行った。小割りした製品はJAS等級で格付けを行い、最適木取りプログラムの推定した等級との比較を行った。結果を第1表に示す。この表では、実測等級より推定等級が2段階上になった場合を+2

(例えば、実等級2等に対し推定等級特等である)と
いうように表わしている。

この結果、推定等級と実測等級が同じ(適正評価)となったものの出現率は32%と約1/3であった。利用上安全側となるマイナス(過小評価)となったものは



第1図 新しい製材工程(案)

Fig.1 An up-to-date sawmilling line (proposal)

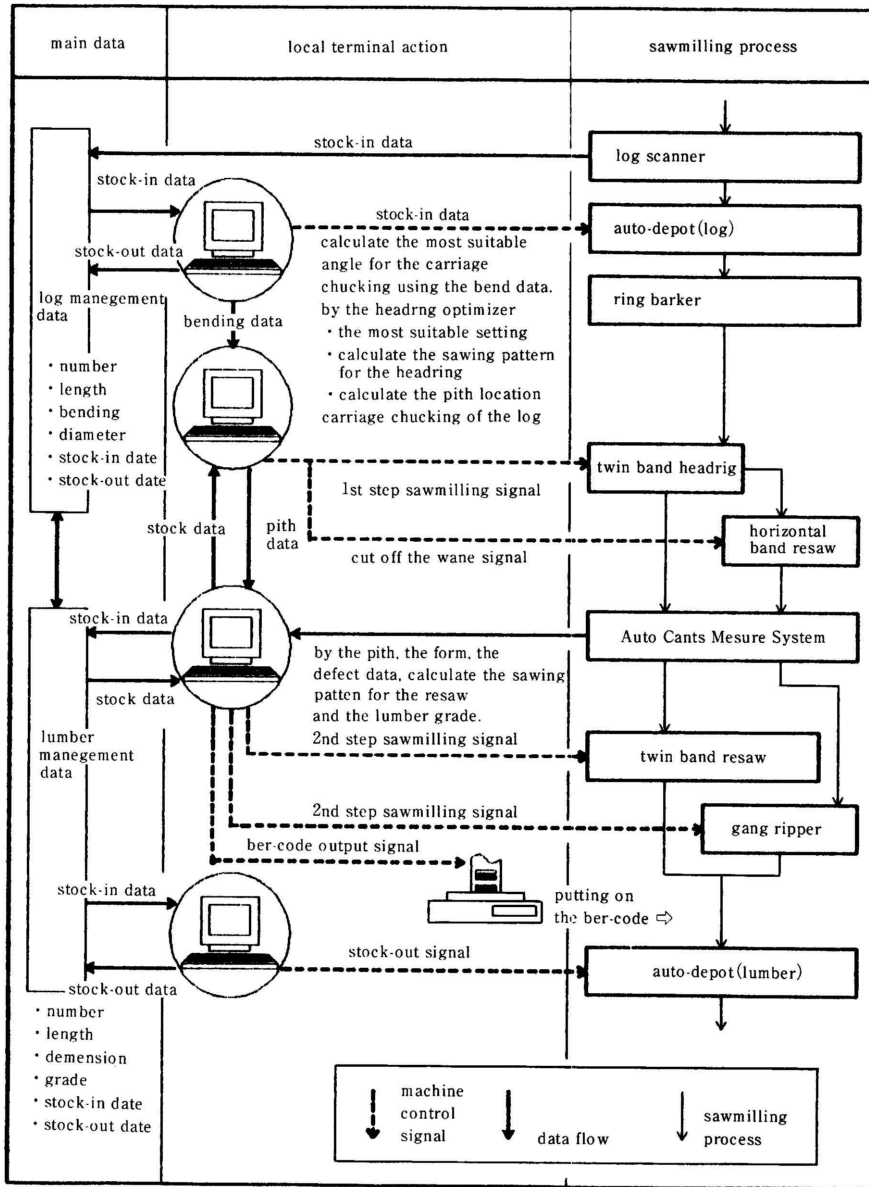
41%で、逆にプラス（過大評価）となったものは27%であった。

過大評価の原因としては、節を節以外の欠点と認識したり、認識できなかったことによる。これに対し、過小評価の場合は、木裏の節から木表の大きさを推定する際、実際より大きく推定することが主な原因と考えられる。

今後、画像処理による節の認識率を改善することで過大評価の割合を減らすとともに、過小評価については節の成長を正確に把握する方法を検討することで、より実用的なものとして考えることができると思われる。

(3) 実用機的设计

試作機の性能および測定技術の調査結果などを踏まえ、今回試作した自動形状選別装置を中心に、前後の



第2図 製材データのネットワーク
Fig.2 The network of sawmill data

付加装置等も含めた実用機の検討を行った。付加装置としては、材料の位置を決める位置決め装置、材料の搬送タイミングを図るストッパーが必要となる。

試作機のコンベアはベルト式であったが、実用機ではローラ式とする。幅測定の CCD センサはコンベアの下側に取り付けローラの間から測定する形とし、耳付き材は木裏面を上にして搬送する。CCD センサおよび CCD カメラ部分は外部光の影響を少なくするため暗箱で覆い、中に照明を取り付ける。

(4) 新しい製材工程の提案

今回設計を行った自動形状選別装置の実用機を組み込み、また調査によって得られた既存の技術をもとに、製材ライン全体の省力化を図る製材システムを検討した。第1図にラインの概略を、第2図にコンピュータによるデータ管理のネットワークを示す。このように原木から製品までをコンピュータを用いて一貫して管理することにより省力化、効率化を図ることができる。自動形状選別装置はこれの中で、これまでは両立させることが難しかった生産性と価値歩留まりの両者を向上させる役割を担うことになる。

(昭和61年度～平成2年度)

(製材料)

2.1.2 熟練技術者の技術を取り入れた新しい製材工程監視技術の確立

Study on the Feed-Speed Control in Sawing with a Bandsaw under the Application of Technique of the Expert

帯のこ盤による切削工程の自動化を図るためには、これまで熟練技術者の経験と勘にゆだねられていた帯のこ盤操作を計数化し、切削状態の適切な制御を行う必要がある。平成元年度までに熟練者の製材作業中の帯のこの挙動および送材速度、切削所要動力などを測定した結果、ひき曲がりの有無が送材速度を決定する重要な要素となっていることが明らかとなった。

熟練者がひき曲がりの程度を知る方法としては、目視あるいは音（切削音）の変化が考えられるが、目視の場合、操作員は切削位置から離れたところ（一般的

には2m前後）で操作を行っているため、この身の微小な変位を認識することは極めて難しい。また、音に関しては、切削中の騒音を測定し、ひき曲がりが生じたときの音の変化について検討した結果、通常の切削状態との判別は困難であった。

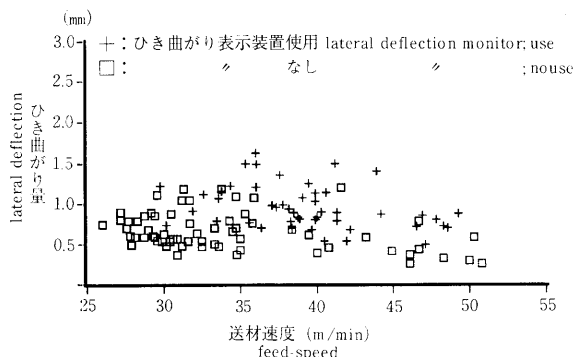
そこで、2年度はひき材中のひき曲がり（帯のこの横変位）を表示する装置を用いて、ひき曲がりの状況を視覚情報として操作員に提供し、その有効性について検討した。

試験方法はエゾマツ、トドマツ材各7本（未口径級40cm前後、材長3.65m）を厚さ20cmのたいこ材にひき割り、厚さ12mmの板を採材する際のひき曲がり量および送材速度を測定した。製材方法はひき曲がり量の指示を見ながら送材速度を調整する方法と通常のひき材方法の2条件で行った。ひき曲がり量は、下部セリ装置位置に取り付けた非接触式変位計の測定値から実際のひき材位置の変位量を求めた。

ひき材中のひき曲がり量の指示は、市販のひき曲がり測定装置（非接触式変位計および表示部、センサの取り付けは上部セリ装置位置）を使用した。なお、ひき曲がりの限度は、±0.5mm以内とした。

第1図はエゾマツ・トドマツ全体の送材速度とひき曲がり量の関係を示したものである。ここでのひき曲がり量は、振れの方向にかかわらず1回のひき材の最大値を表している。

ひき曲がり量は熟練者が通常のひき材方法で製材し



第1図 送材速度とひき曲がり量の関係
Fig.1 Relationship between the lateral deflection of the sawblade and the feed-speed

た方が少なく平均0.66mm, ひき曲がり表示装置を使用した場合は平均0.97mmであった。

送材速度については、通常製材の場合が平均34.3m/min, ひき曲がり表示装置を使用した場合は平均39.2m/minであった。

以上の結果、ひき曲がりに関しては熟練者の技術が優れていることが分かったが、今回使用した表示装置では0.5mm以下の表示がないため、送材速度の操作が遅れる傾向があり、表示スケールの改良によってはひき曲がり量の軽減が可能と思われる。

なお、同一条件でのひき材にもかかわらず送材速度のパラツキが大きいことから、被削材の物性値(比重、容積密度数、含水率、年輪幅)を測定し、送材速度との関係を調べた。その結果、エゾマツ、トドマツの各物性値と送材速度の相関係数は最大でも0.49と低い値を示し、今回の実験での物性値と送材速度には相関がないことが分かった。したがって、パラツキの原因としては、物性値には現われにくい節やあてなどの影響が大きいものと考えられる。

帯のご製材の自動化を図るひとつの方法として、ひき曲がり量による送材速度制御がある程度有効であることが分かったが、実用化を図るためには、のご歯の磨耗状態や損傷などの監視技術の確立が今後の課題である。

(昭和63年度～平成2年度)
(製材科)

2.2 乾燥工程の合理化

Rationalization of Drying Process

2.2.1 連続測定型センサによる水分管理 技術の確立(地域システム事業)

Study on Development of a Moisture Control
System by a Sensor Suitable for Continuous
Measurement

すでに木材乾燥の重要性については全国的に共通認識となっており、木材の乾燥はもはや製品化のための必要絶対条件とみられるようになった。しかしながら人工乾燥が行われている場合でも、その品質が全体的

にチェックされないまま、市場に流通している場合が多いと考えられている。乾燥材の品質を保証することによって、生産者と需要者の信頼関係をより強固なものにすることは明らかであるし、製品価値を高める手段として極めて有効であると考えられる。このような背景から、昭和61年度から5年計画で乾燥材の水分チェック機構として汎用性の高い連続型自動水分測定装置の開発研究を実施した。

61年度は、製材の水分(含水率)を測定するセンサを原理、種類、用途の角度から検討した。また水分管理システムの概念設計を行い、高周波水分計を応用する方法と製材比重から含水率を推定する方法の2案を提案した。

62年度は、概念設計で提案した2案について実用面からの検討を行い、その結果、接触式の高周波抵抗式水分計を応用した測定法の開発に目標が絞られた。木材比重から含水率を推定する非接触方式は、全乾比重値を精度良く推定する方法が見いだせなかったことや製作コストが高いなどの理由により、概念設計のみで終了した。さらに、高周波抵抗式水分センサの試作を行い、測定精度の向上と本装置に適切な形状について検討を行った。センサと結ばれる水分計測機器は林ケツト科学研究所製(HG-100)を開き、水分値補正の適正方法を検討し、測定精度を高めるための補正式を導いた。また一連の装置の詳細設計を行い、連続測定ラインの制御方法などについて検討を行った。

63年度は、詳細設計に基づき搬送・水分測定、振り分け、システム制御各部からなる連続型自動水分測定装置を試作し、かつ適正な動作を統括する制御用プログラムを作成した。また開発した装置を用い、測定精度向上のための試験を実施し、ほぼ実用可能な精度(±3%)を得ることができた。

平成元年度は、高周波抵抗式含水率センサについて検討を加え、製材と電極部の接触性、および耐久性に優れた改良型センサを開発した。このセンサを用い実際工程を想定した総合運転試験を実施し諸性能を確認した。これにより材温補正の手段について再検討する必要性が確認されたが、装置機能自体は問題がなく、

おおむね所期の目標が達成でき実用が可能と判断された。

2年度は、材温補正技術の適正化ならびに乾燥工程の自動化に対する評価を行い、報告書を作成した。

(1) 材温補正機能の付与

元年度、水分計指示値は材温の影響によって正の回帰直線で変化することが確認された。これを材温補正として機能させるため、得られた温度補正係数をROM演算処理によって水分計測機器に付与する必要性が生じた。この演算処理手順は次のとおりである。

温度補正処理の方法

生の水分信号を仮水分値として、測定環境が常温で材温がそれに十分近似しているなら、この値は真値となり得るが、温度差が生じた場合は基礎実験から得られた次式を用い温度補正係数を求め、1 当たりの水分値の変化量としてあらためて水分値を算出しなければならぬ。

$$K = 0.01212 \times M - 0.01827$$

次に温度信号を水分計測機器から入力し、次式から温度補正後の水分値(含水率)を求める。

$$U = M + (20 - T) \times K$$

ここでKは温度補正係数、Mは樹種、材種別の補正を行った後の仮水分値(%), Uは温度補正後の水分値(%), Tは温度()を示す。

これらの温度補正機能はROM演算処理によって水分計測機器に付与させ、自動計測を可能とした。

温度補正試験

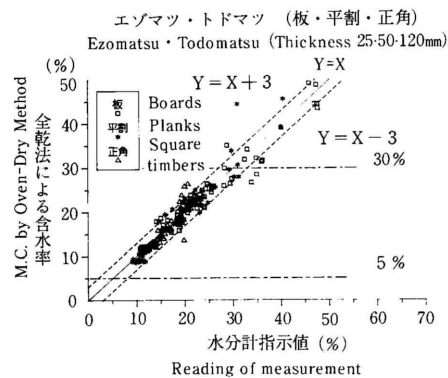
この温度補正機能を使い、低温(約0)、高温(約45)状態にそれぞれ調整した試験材を用い測定試験を実施した結果、適正温度を入力することにより水分計指示値は真値にほぼ近似し、温度補正効果が認められた。よって、人工乾燥直後と低温環境下の水分管理工程においても、本装置は使用可能と判断できた。

(2) 連続型自動水分測定装置の実証試験

改良した水分センサを用い、元年度同様に連続運転試験を行い、測定精度を確認した。なお試験は常温下で、送材速度25~30m/minの範囲で行った。

測定精度試験

第1図に示すように全乾法による含水率と水分計指示値との関係は、各材種ともほぼ $y = x$ に対応した高精度の測定値が得られ、当初目標の $\pm 3\%$ 以内(水分計指示値 - 全乾法含水率)を十分満足する結果となった。この図は樹種・材種を区分なくまとめたもので、測定精度の分布を正規分布とみなし、精度の平均値の区間推定を行った結果は第1表のとおりである。これにより信頼度99%において測定精度の平均値は $\pm 1\%$ 以内に入り、十分な性能値と判断できる。



第1図 連続水分測定試験結果
Fig.1 Relationships between readings of continuous measurement on moisture sensor and M.C. (oven-dry method)

装置の実証化

開発した連続型自動水分測定装置は、10月に林産試験場から北海道木材高度利用技術研究組合が建設したFA化工場(芽室町)移設し、住宅用パネル組み立て工程の前に配置した。これにより実際のパネル部材を用い測定試験を実施した結果、装置各部は適正に稼働し、測定精度においても林産試験場設置による連続運転試験結果同様の性能が得られ、問題の発生はみられなかった。

(3) 水分管理の高能率化・信頼性向上に対する評価

含水率計の性能基準への適合試験

開発装置の評価基準として、日本住宅・木材技術センターが実施する「含水率計の性能基準」に従い適合試験を実施した。この基準は建築用針葉樹構材品の「乾燥材」の水分測定に使用される高周波含水率計の性能検定に適用することとなっている。

第1表 連続水分測定試験による測定精度の平均値の区間推定

Table 1 Statistically estimated ranges of preciseness of M.C. values obtained from the continuous measurements test

Lumber types	Numbers	Average (%)	Standard deviation (%)	Minimum ~Maximum	Correlation coefficient	Confidence coefficient 99% (Lower%~Upper%)
Ezomatsu-Todomatsu (Boards, Planks, Square timbers)	220	-0.03	1.90	-8.4 ~ 7.1	0.940	-0.4~0.3

Note) Managed condition has made 30%M.C. (oven-drying method) or less.

改良型センサを用い性能試験を実施した結果、適合基準をいずれもクリアした。よって、本装置は建築用針葉樹製材品の「乾燥材」の水分測定に使用される含水率計の性能を満たすものと認められた。

② 工業所有権の取得

元年度に改良した水分センサについては、「製材の連続型自動水分測定装置における含水率センサ」の名称で、実用新案の取得手続きを行った。

③ 新しい乾燥工程の提案

最後に、本開発品を含めこれから将来に向けた乾燥工程における新技術もしくは望ましい工程像として、次の技術を連続的にラインに導入することを提案した。

- 自動棧積み（降ろし）技術
- 乾燥操作の自動化（蒸気式乾燥装置の自動制御）
- 水分管理技術（例えば本開発技術）
- 予備乾燥技術（ストック庫・ソーラドライヤなど）

これら各工程の選択には各企業の生産目的、規模などにより適切な判断が求められる。しかし、良質な製品製造と生産コストの低減化は両立が困難な事柄であるが、今後ますます要求の度を強めてくるものと考えられる。したがって、林産製造業の中の乾燥工程一つを取っても作業効率を高めた自動化は避けて通れない課題として認識できる。

(昭和61年度～平成2年度)
(乾燥科)

2.2.2 構造材の乾燥技術の開発(再掲)

Development of Drying Technology for

Structural Lumber of Softwood

2.3 集成材製造工程の合理化

Rationalization of Manufacturing Process for Laminated Wood

2.3.1 低質広葉樹材を活用した集成材の生産システムの開発

Development of Manufacturing System for Laminated Woods with Low Quality-Hardwood Logs

集成材産業の急成長に伴い、平成元年度の道内における広葉樹のひき板の使用量は約8万m³であり、10年前の3倍弱に達している。しかし、道産広葉樹材の形質は年々低質・小径化しており、また伐採量は昭和45年をピークに減少し続け、その減少分を外材で補充しているのが現状である。したがって本道の集成材業界にとっては、低質・小径化した広葉樹材をいかに効率良く活用するかが今後の課題である。

そこで、これまでの良質大径材を前提とした集成材の製造ラインではなく、今後の原料事情の変化に対応させた新しい製造システムを開発することを本研究の最終目標としている。元年度は3か年計画の初年度として、ひき板の縦つぎ方法を従来のフィンガージョイントに替えて、バットジョイントあるいはスカーフジョイントを採用し、ひき板の縦・横方向を同時に圧縮できる加振型プレス装置の開発を行った。

2年度は、63年度に設計・試作した「ひき板の仕上がり厚さ予測装置」の実用化に向けた改善を行うとともに、この装置を導入したひき板の四材面鉋削加工ラ

インについて検討した。また、ひき板の縦つぎのための木口面加工を経て、縦・横同時圧縮プレスによる積層接着に至るまでの加工ライン、すなわちラミナの定尺鋸断および接着剤塗布ラインについても検討した。

(1) ひき板の仕上がり厚さ予測装置の改善

今回改善を加えた装置を写真に示す。これは、欠点除去されたひき板をモルダーに通す前に、ひき板の鉋削による下面の削りしろと仕上がり厚さを予測するためのものである。本装置の導入によって、材積歩留まりの向上と作業の省力化が期待される。

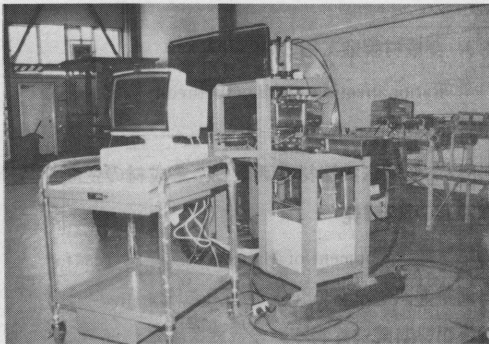


写真 ひき板の仕上がり厚さ予測装置

Photo Series of equipments directing optimum machining depth of lumber stocks

この装置で検出可能なひき板の厚さ(最大50mm)と幅(最大125mm)、ひき板の送材速度(最大毎分15m)などは、前回設計・試作したものと同様である。

今回の改善の主要なものは、まずデータの入出力と演算処理の高速化、プログラムの自由度である。これは、プログラム言語をFORTRANからTURBO-C言語に、CPUを8bit(4MHz)のシングルボードコンピュータ(デバッグが完了したプログラムを、ROMライターによってEPROMへ書き込み、それをセットしたもの)から16bit(16MHz)のパーソナルコンピュータにそれぞれ置き換えることによって得られたものである。

また、表示器をLEDランプの点滅からカラーディスプレイに改善することによって、作業者の識別を容易にした。これまでのひき板の下面削りしろと仕上がり厚さだけの表示項目から、ねじれをはじめ、厚さの

最大・最小・平均値、幅反り、材長なども表示できるようにし、それらの値が許容値を超えた場合は警報が出るようにした。下面の削りしろと仕上がり厚さの組み合わせを何種類かにランク付けすることも可能にした。これらのデータはフロッピーに保存し、資財管理、材積歩留まりの計算等にも活用できるようにした。さらに、本装置では新たな機能として、ひき板の曲がりと幅寸法を検出し、曲がり大きい場合は欠点除去工程へフィードバックさせて短く鋸断したり、ほかの用途に振り向けることができるようにした。

今回改善を行った「ひき板の仕上がり厚さ予測装置」はほぼ仕様どおりの性能が得られた。また、階段の段(踏み)板を最終製品とした製造試験において、ひき板の仕上がり厚さ予測装置を四材面鉋削加工ラインに導入すると、材積歩留まりは2~4%向上することが分かった。今後はさらに実用性の高い装置にするために、集成材工場で実際に稼働させながら、作業実態に適合した装置開発を手がけたいと考えている。

(2) ラミナの定尺鋸断・接着剤の塗布ラインの検討

ラミナの定尺鋸断・接着剤塗布ラインを検討した。定尺鋸断装置は、四材面鉋削および長さ決めされたひき板の仕組み用ステージ、ひき板の木口面の接着剤塗布ローラ、ひき板挿入コンベア、ジャンピングソーおよび横出しプッシャーから構成した。

次に、接着剤の塗布装置は、2液型接着剤を自動的に混合し、それをグルーヘッドから直接ひき板へ線状に流出させるものと、接着剤の自動混合吐出装置から一定量の接着剤を既存のグルースプレッダーの塗布ローラ上に供給するものを検討した。この結果、造作用集成材の製造で一般に使われている水性高分子イソシアネート樹脂系接着剤の場合は、粘度の関係から後者しか対応できないことから、今回は、これを採用することとした。

(平成元年度~平成3年度)

(加工科, 機械科)

2.3.2 割管製造工程の自動化技術の開発

Technology for an Automatically Controlled Manu-

facturing Process of Half-Split Chopsticks

割箸はその大部分がロータリー単板から製造されているが、製造工程の中で特に選別工程は自動化装置の開発が遅れ、形状・変色等による製品の選別は人手に頼らざるを得ない状況にある。しかし、労働力の確保が年々困難になってきていると共に高齢化が進んでおり、このため、当面は多くの人員を必要とする品質選別工程の自動化技術を開発し、製造工程の省力化、経営の安定化を図る必要がある。

平成2年度は割箸の自動選別装置を開発するための、各種欠点の検出・認識・判断技術の検討を行った。(1)割箸選別実験装置は、現在人手により行っている選別装置とそれに付随する面取り鉋盤を基本型とした。センサで色・節・材長・変形・材幅のそれぞれを個別に検出し、1台もしくは複数台のコンピュータにより欠点の認識・判断を行わせるのが適当と考えられた。(2)節の検出は過去の実験データから光ファイバー式センサが最適と考えられた。変形の検出は非接触式変位計、材長および材幅の検出はロータリーエンコーダやアレイセンサ、イメージセンサ等を適用できるが、コスト、コンピュータアルゴリズム、測定時間の関係についてさらに検討を要する。(3)シナ・カバの1等および2等の割箸を対象に、光源を赤色および緑色LEDとした光ファイバー式センサにより、変色の程度による品等区分の可能性を検討した。その結果、緑色LEDを光源とした光ファイバー式センサの使用により材色による等級判別の可能性を見いだすことができた。また、判別能力はセンサ先端と材面との距離によって異なることが明らかとなり供試センサでは2～2.5mmの距離で最大の判別能力を示した。

(平成2年度～平成4年度)

(機械科)

2.4 合板製造工程の合理化

Rationalization of Manufacturing Process for Plywood

2.4.1 道材合板用心板の開発 (加速開発事業)

Research and Development on Core Veneer for Plywood with Domestic Hardwood

南洋材は資源の枯渇、環境保護などから近い将来入手が困難になることが予想される。道材合板の心板には南洋材を使用しているが、これに替わる代替材の開発が要請されている。そこで、トドマツ、カラマツなどの道産針葉樹単板を、道材合板の心板に使用する時の製造上の問題点について検討した。針葉樹単板を道材合板のような化粧合板の心板として使用する時、特に問題となるのは節、目ボレなどが表面に写る、いわゆるコア写りと呼ばれている欠点の発生である。平成2年度はコア写り防止の課題に取り組んだ。使用した表裏板はシナ単板である。

まず、表板の厚さ(1.0, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6mm)と熱圧圧力(4, 6, 8kgf/cm²)が、コア写りに及ぼす影響を調べた後、コア写りを防止する方法として次の二つの方法を試みた。

一つは、充填剤としてタルクを使用して粘度の高いパテ状の接着剤を造り、これをやや多めに心板に塗布してコア写りを防ぐ方法、他の一つは接着層に不織布を挿入してコア写りを防ぐ方法である。

その結果は以下のとおりであった。

(1) 表板厚さはコア写りに大きく影響し、1.0mmであれば、通常の接着方法で製造しても、コア写りはほとんど認められなかった。

一方、0.6mmでは防止処理をしてもコア写りを完全に防ぐことは難しかった。

(2) 熱圧圧力は、今回の試験の範囲ではコア写りにはほとんど影響しなかった。

(3) パテ状接着剤を使用することで、コア写りの発生が減少できた。ただし、大きな抜け節(15mm以上)の場合は、これを防ぐことは難しかった。

(4) 不織布の厚さが0.28mm以上あれば、コア写りの発生を減少できた。ただし、大きな抜け節(15mm以上)の場合は、これを防ぐことは難しかった。

(平成2年度～平成3年度)

(合板科)

2.5 成形板製造工程の合理化

Rationalization of Manufacturing Process for Forming the Board

3. 開発製品の市場性の評価

Assesments on Market Performance of Developed Products

3.1 市場性の分析

Analysis for Market - Performance

3.1.1 カラマツ中大径材の高度利用に関する研究 (住木センター受託)

Study on the Advanced Utilization of Plantation Grown Larch

本道のカラマツ人工材は年々その蓄積量が増加し、出材も中大径材主体の主伐材の割合が大きくなってきている。しかし、その用途の大半は梱包材やパレット等の輸送資材やパルプチップ用で良質中大径材に適した用途の需要は確立していない。

今後出材量の増加すると予想される中大径材の用途開発を図るために、枠組壁工法用住宅部材の生産技術と大断面構造用集成材ラミナの生産技術について製材、乾燥、加工を通じて一連の試験を行い、強度性能についても検討した。試験用原木はいずれも池田林務署管内産の39年生のものである。

また、カラマツ中大径材の市場性の調査も行った。

なお、枠組壁工法用住宅部材の生産技術については日本住宅・木材技術センターからの受託により実施しているものである。

試験および調査の結果は次のとおりである。

(1) 枠組壁工法用住宅部材の生産技術

用いた原木の径級は18～32cmで、本数は60本である。

製材試験

() 原木の形質

節の数は22cm以下が24cm以上より多くなっているが、径が大きくなると1番玉の割合が多くなり、22cm以下はすべて2番玉であったためである。また、材面別では3材面無節あるいは隣接2材面無節以上が10%、4材面有節が約52%であった。平均節径および

最大節径は原木の径級が増大するほど大きな値になっていた。

曲りは平均で10%を超えており、等級の決定に大きな影響を与えた。

JAS に基づく等級格付けでは1等が1.7%、2等が61.7%、3等が35%であった。

() 原木径級別・木取り型別の製材歩留まり

木取り方法はだら挽きおよび枠挽きの2条件で、材種は：204～212の5種類の中からできるだけ大きな断面の材種を多く採材するようにした。製材の歩増し量は厚さで8mm、幅で12～16mmである。

径級別の材積歩留まりは22cm以下で47.3%、24～26cmで55.1%、28cm以上で59.6%、全体で56.1%となった。原木の径級が大きくなるほど歩留まりが向上した。平成元年度実施したトドマツ造林木の結果と比較すると、いずれの径級でも歩留まりが低くなっている。全体では約6%の差があった。これは製材の歩増し量がトドマツより大きく挽材寸法の違いによるものである。

だら挽きと枠挽きの比較では両者に大きな差はなく、全体でもガラ挽きが1%弱材積歩留まりが大きい程度であった。

() 製材品の等級格付け

等級別の材積比率では、1級が最も大きく41.6%であった。次に、特級26.4%、3級16.5%、2級15.5%の順であった。径級別にみると、径が大きくなるほど特級の割合が増加し、28cm以下では31%になった。

等級を決める欠点の出現率は樹心に伴うヤニ、割れ、変色などが一番大きく47.4%であった。次いで、丸身、節、割れ、腐れの順であった。トドマツの場合は節の影響が最も大きかったが、カラマツでは優先的に断面の大きな材種を採材したので、丸身の影響の方が大きくなった。

乾燥試験

乾燥試験はカラマツの標準スケジュールと高温スケジュールを用いて行った。また、狂いを抑制するために一台車あたり10tの荷重をかける圧縮車乾燥を採用した。

乾燥後の製品の等級が製材時より下がったものの割合は標準乾燥で15%、高温乾燥で9%であった。等級を下げる主な原因となるものは204材では曲がり、縦反りで206材以上ではねじれであった。また、1ランクの等級低下が大半であった。

初期含水率約50%の材の仕上がり含水率19%までの乾燥時間は、標準スケジュールで169時間、高温スケジュールで76時間であった。

③ 加工試験

乾燥を終了した材は材種別に4材面をほう削仕上げをしたのち寸法、反り、曲がりおよびねじれを測定した。204、206および208材は多軸かん盤の1回通しで仕上げ、210および212材は直角二面手押しかん盤、自動一面かん盤ならびにリップの3工程で所定の寸法に仕上げた。

乾燥材から加工材までの材積歩留まりは77~82%、製材からは73~78%であった。加工歩留まりは製材時の歩増し量に影響されるので平成元年度のトドマツとは単純に比較できない。

削り残し部分を除いた加工材の厚さと幅の寸法は、すべてJASの断面寸法の許容範囲(±1.5mm)以内であった。

加工後の等級別の材積比率では特級が43.2%と最も多く、つぎに1級30.4%、3級16.3%、2級7.6%の順であった。製材時と比較すると特級が増加し、1級および2級の割合が減少している。これは製材時の丸身がほう削加工によって除去されたためと思われる。

今回の加工試験から削り残しを生じさせないための製材時の歩増し量は厚さが8mm、幅は204材で12mm、206で13mm、208で16mmが適当である。210と212材は使用した加工装置が一般的でないので本試験だけでは判断できない。

④ 製品の強度性能試験

204、206、208材は曲げおよび引張試験、210と212材は曲げ強度試験のみ行った。

試験結果をみると204、206材は曲げおよび引張強度とも大きく、住宅金融公庫の「枠組壁工法住宅工事共通仕様書」に示されている基準値を上回っていたが、

208、210、212材では約20~40%の試験材が基準値に達していない。また、破壊状態も脆性破壊に近いものもみられた。これは幅の広い材には髓付近の未成熟材の割合が多いことによるものと思われる。このことから髓からの年輪数あるいは年輪の曲率等を品質基準に加えるなどとともに、材料の寸法により許容応力度を変える必要があると思われる。

(2) 大断面構造用集成材ラミナの生産技術

用いた原木の径級は24~38cmで、本数は60本である。

① 製材試験

(i) 原木形質

節の数は28~32cmで平均15.9個と最も多く、次いで26cm以下の15.5個、34cm以上が9.3個であった。材面別の節数は隣接2材面無節以上のものが31.7%、4材面有節が33.3%であった。

曲がりは全ての径級で平均10%を超えており、34cm以上の曲がりが最も大きかった。

JASに基づく等級格付けの結果は、26cm以下が1、2等、28cm以上は2、3等の割合が多かった。

(ii) 製材歩留まり

木取り方法は枠挽きで、主材として集成材用ラミナ原板(厚さ35mm、幅170mm)、副材としてパネルボード用原板(厚さ16mm、幅145mm)の2種類を採材した。なお、集成材用ラミナの仕上がり寸法は厚さ30mm、幅158mmである。

径級別の主材の材積歩留まりは26cm以下で46.0%、28~32cmで50.8%、34cm以上で52.8%、全体で50.5%であった。また、副材の歩留まりは26cm以下で10.3%、28~32cmで6.9%、34cm以上で3.4%、全体で6.3%であった。

(iii) 製材品の等級格付け

集成材用ラミナの等級別の材積比率は、1等36.5%、2等34.1%、特等30.3%であった。径級別にみると特等の割合は34cm以上で33.5%、26cm以下では32.0%、28~32cmでは25.6%であった。

等級を決める欠点の出現率は節が31.7%と最も多く、次いで丸身、樹心、あての順であった。

② 乾燥試験

集成材用ラミナの乾燥は枠組壁工法用住宅部材と同様にカラマツの標準スケジュールと高温スケジュールを用いて行い、狂いを抑制する圧縮方法も同じ条件である。

乾燥試験の結果では、スケジュールの違いによる狂いの程度や品質の差はほとんどみられなかった。乾燥後に製品の等級が製材時より下がったものは標準スケジュールで2%、高温スケジュールで4%と少なかった。等級を下げる原因は縦反りが大半を占めた。

初期含水率約50%の材の仕上がり含水率11%までの乾燥時間は標準スケジュールで160時間、高温スケジュールで103時間であった。

()加工試験

4材面を厚さ30mm、幅158mmにぼう削仕上げしたラミナ466枚について3等分2点荷重方式の重錘法で測定した曲げヤング係数によってJASの等級区分を行った。ラミナの各等級の構成割合は1等21.9%、2等12.4%、3等12.7%、4等以下53%であった。

また、ラミナの一部を用いて「木と暮らしの情報館」の2階増設用の大断面構造用集成材（幅120mm、梁せい1300mm、長さ約7m）5体をJASの製造基準に準拠させて試作した。これらの曲げ剛性試験の結果、いずれの集成材とも設計した等級の基準値を満足していた。

()ラミナの強度性能試験

前記で等級の決定されたラミナのなかから曲げ試験用および引張試験用としてそれぞれ119本を選定し、強度試験を行った。

曲げ強度試験結果では外層用ラミナの適合基準値を下回ったものが1等で5%、2等17%、3等6%であった。引張試験結果ではヤング係数が大きくなるにつれて強度のバラツキが大きくなる傾向が著しく、等級間の強度の最小値の差は小さかった。

(3)カラマツ中大径材の市場性の調査

道産カラマツ中大径材の利用実態と将来性を展望するため、道内外のカラマツ挽き立工場における製材の実態調査ならびに道内の建築、家具業者および一般ユーザーに対するアンケート調査を実施した。また、現

在市场上に出ている製品の用途、特性を調査し今後の可能性を検討した。結果をまとめると次のとおりである。

道外のカラマツ生産県（長野、岩手県など）では、50～60年生の造林木からの製材が在来工法住宅の土台や梁、母屋、タルキなどの主として見え隠れ材として使用されている。これらの材は、道産のカラマツより年輪幅が狭く、狂いも少ないようである。

道内建築業者へのアンケートの結果から、住宅に使われている樹種の比率はエゾ・トドが62.8%、北米材は30.5%であった。カラマツはわずかに3.1%であり用途は土台および内壁用の羽目板である。住宅以外では、牛舎の建設資材として使われている。

カラマツを使用した家具メーカー9社（使用量1,321m³）の調査によると、通信販売のルートで全国に販路拡大を図っている1社を除き問屋に卸しているところはなく、他は自社で受注し販売している。変色が製品クレームの第一にあげられているが、この点は、着色仕上げ等で十分にカバーできるものと思われる。

また、首都圏のデパートでの調査では、デザインと製造技術が良ければ材料、樹種は問わないとの意見もあり、カラマツ家具の可能性はある。

札幌、旭川、函館での一般ユーザーに対するアンケート（回答数249）の結果から、建築用材としてカラマツの木目、材色などの特徴はある程度評価されていることが分かった。ただし、製品の供給量そのものが少ないこと他に、施工を行う業者が手間等を理由に使いたがらない傾向にあるため、前述のように最終的な需要は少ない。

長野県には、カラマツの強度を生かし構造用集成材のラミナとして使用している工場がある。自社で建物の設計から集成材の製造、現場施工までを一貫して行い、建築物全体のコストダウンを図っている。

現在のところ、道産カラマツの合板としての利用はほとんど見られないが、南洋材資源の問題等から今後針葉樹への依存が高まるのは明らかである。カラマツは強度性能や木目・色調といった特長から、構造および化粧の両用途に適している。

この他、ログハウスやPT型ハウスの部材としての

利用も徐々に増えている。また防汚処理を必要とするが、デッキ材など外構材への需要の増加が見込まれる。
(平成2年度～平成3年度)
(経営科, 製材科, 乾燥科, 加工科, 材料性能科)

乾燥室数	5		10		20	
乾燥方法	A	B	A	B	A	B
乾燥材積 (m ³)	1,500	1,980	3,000	3,960	6,000	7,920
m ³ 当たりの製造コスト(円)	23,100	18,222	19,063	15,071	16,688	13,224
コスト比率(B/A)	78.9%		79.1%		79.2%	

3.1.2 当場開発技術・製品のコスト試算

- 木材乾燥装置の完全自動制御システムによる経済性の検討 -

Cost Accounting of the Technologies and Products Developed by Our Institute

- Economical Study on the Full Automatic Control System of Lumber Kiln -

林産試験場が開発した木材乾燥装置の完全自動制御システムを設置した場合の経済性について、コスト試算を中心に検討を行った。

(1) コスト試算のための前提条件

- ・ 乾燥装置：蒸気式IF型
- ・ 乾燥原板：ミズナラ 厚さ27mm
- ・ 乾燥室容量：1室12m³
- ・ 含水率条件：70%（生材） 8%
- ・ 乾燥室稼働日数：330日/年

(2) 完全自動制御システムを導入した場合の

- ・ 設備投資額 280万円
 ホストコンピュータ (コントローラ)
 1～20室 250万円
 インターフェース 1室 30万円
- ・ 消耗品
 センサ 1室 4万円

(3) 上記前提条件での従来法（ステップ変化型）と自動制御法（連続変化型）の乾燥日数

	従来法	自動制御法
人工乾燥日数	13日間	10日間
乾燥室回転数	25回転(330日÷13日)	33回転(330÷10日間)
乾燥材積	300m ³ (25回転×12m ³)	396m ³ (33回転×12m ³)

(4) コスト試算の結果

m³当たりのコスト減はいずれの室数でも20%程度であるが、コスト低下の主な要因は乾燥時間の短縮（13日間 10日間）である。

注) A：従来法 B：自動制御法
ボイラーは重油炊き

(5) 乾燥装置のオペレータ業務によるコスト

木材乾燥装置のオペレータはボイラーマンの兼任が一般的なので、オペレータ作業のみ分割して製造コストを試算することは困難なため、ここでは従来法と自動制御法のオペレータ業務の時間差だけを比較検討した。

従来法と自動制御法で異なる作業時間

従来法	運転開始時	15分(1回/1日)
	1室増すごとに	10分(1回/1日)
自動制御法	作業チェック	5分(1回/1日)

従来法と自動制御法の作業時間差

室数 (室)	5	10	20
従来法 A	55	105	205
自動制御法 B	5	5	5
A-B	50	100	200

単位：分/日

従来法では20室程度がオペレータ1人で処理可能な室数である。作業時間差のコスト比較では、乾燥室数によって多少差はあるが、自動制御法が従来法より230円/m³程度安くなる。また、室数増によるコスト減の割合は自動制御法が著しく大きい。

(6) 乾燥原板の品質

自動制御法による乾燥原板の仕上がりは、従来法と比較して品質向上が顕著であるといわれる。しかし、乾燥原板格付けのランクアップや歩留まりアップなど

○従来法と自動制御法の作業時間差によるコスト

システム	室数	作業時間		乾燥材積 m ³ /年	賃 金	
		Min/日	hr/年		円/年	円/m ³
従来法	5	55	302.5	1,500	378,125	252.1
	10	105	557.5	3,000	721,875	240.6
	20	205	1127.5	6,000	1,409,375	234.9
自動制御法	5	5	27.5	1,980	34,375	17.4
	10	5	27.5	3,960	34,375	8.7
	20	5	27.5	7,920	34,375	4.3

注) オペレータの賃金単価：1,250円/hrとした。

以上のように完全自動制御システムを設置した乾燥装置の直接的な製造コストでは、約2割程度のコストダウンだが、オペレータの作業時間、乾燥原板の品質向上など、自動制御法による乾燥は全体的には数値以上のコスト低下および信頼度の高い品質の製品が得られるものと判断される。

(平成2年度)
(経営科)

数値的に表現可能な程の差はない。ただ、乾燥原板の品質が均一化され熟練オペレータでなくても乾燥ロスが出ないなど、年間を通してみると結果的には歩留まりアップや製品の品質保証につながると判断できる。

3.2 製造コストの低減化

Reduction of Manufacturing Cost

Ⅲ 未利用森林資源の活用技術開発

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

1. 小径・低質材の利用技術の開発

Research and Development of Utilization

Technologies for Small Diameter or

Low-Quality Logs

1.1 炭化物としての利用技術の開発

Development of Utilization Technologies for

Charcoal Products

1.1.1 低コスト木炭粉製造技術の開発とその農産

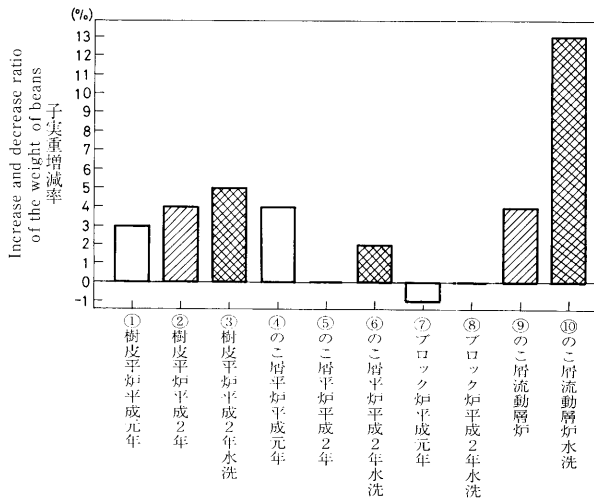
物に与える有効効果の研究（共研）

Research for the Process to Decrease the Cost

in Charcoal Powder Production and to Clarify

the Efficiency in Agricultural Production by

Using It



第1図 木炭粉の種類と子実重増減率との関係（菜豆：40kg/10a）

Fig. 1 Relation between charcoal powder species, and the weight of kidney beans. The values are shown on the basis of no charcoal powder. Addition amount of charcoal powder was 40kg per 1000m²

①Bark carbonized by open hearth carbonization furnace

②Bark carbonized by open hearth carbonization furnace

③Bark carbonized by open hearth carbonization furnace and subsequently washed by water

④Sawdust carbonized by open hearth carbonization furnace

⑤Sawdust carbonized by open hearth carbonization furnace

⑥Sawdust carbonized by open hearth carbonization furnace and subsequently washed by water

⑦Wood particles carbonized by sealed hearth carbonization furnace 1

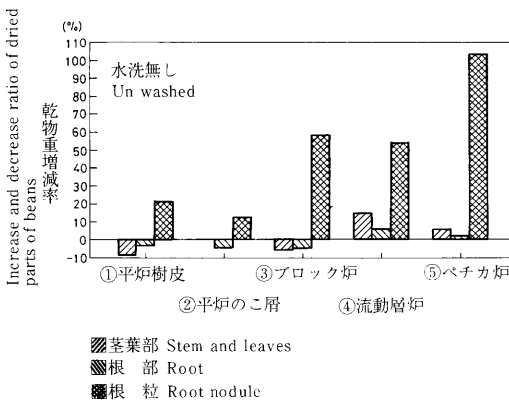
⑧Wood particles carbonized by sealed hearth carbonization furnace 1 and subsequently washed by water

⑨Sawdust carbonized by fluidized bed hearth carbonization furnace

⑩Sawdust carbonized by fluidized bed hearth carbonization furnace and subsequently washed by water

地域社会の活性化のためには、地場資源を活用した産業の育成が不可欠である。そのなかでも特に、木炭製造を核とした地域おこしの動きが、夕張市や下川町などにおいて展開されている。木炭は、多面的な利用があるにもかかわらず、その効果については潜在的もしくは試験的段階である例が多く、その効果の実態は明らかにされていない。本研究においては、炭化物の農業用資材および環境用資材としての効果を明らかにし、木炭製造を核とした産業の技術的支援を推進し、生産力の高い農業基盤“土づくり”など、地域の農林業の振興に資することを目的としている。

平成元年度は、施用試験用木炭粉の製造、炭化条件



第2図 木炭粉の種類が大豆部位別乾物重に及ぼす影響

Fig.2 Relation between charcoal powder species unwashed, and the weight of the parts of soy beans. The values are shown on the basis of no charcoal powder. Charcoal powder was added 5% to soil

- ①Bark carbonized by open hearth carbonization furnace
- ②Sawdust carbonized by open hearth carbonization furnace
- ③Wood particles carbonized by sealed hearth carbonization furnace 1
- ④Sawdust carbonized by fluidized bed hearth carbonization furnace
- ⑤Wood particles carbonized by sealed hearth carbonization furnace 2

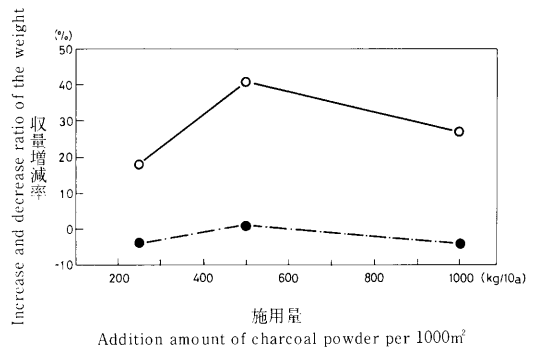
の検討(林産試験場)、土壌物性の評価(中央農業試験場)、菜豆を用いた施用試験(十勝農業試験場)等について検討した。特に、菜豆を用いた施用試験においては、木炭粉100kg/10アール施用の条件で最高で13%の収量増加となった。

平成2年度は以下の検討を行った。

- (1)施用試験用木炭粉の製造、炭化物の物性の評価(林産試験場)
- (2)土壌物性の評価、大豆、大根の植木鉢試験(中央農業試験場)
- (3)大根、キャベツを用いた施用試験(中央農業試験場)
- (4)菜豆、大豆を用いた施用試験(十勝農業試験場)

2年間の施用試験の結果を第1図～第4図に示した。縦軸の値は、全て木炭粉を用いない場合に対する増減率である。

第1図に示したように、菜豆についてはカラマツ間伐材をブロック炉で炭化した条件以外は、木炭施用の効果認められた。しかし、第2図に示したように、大豆については、カラマツ間伐材をブロック炉で炭化した条件において根粒の重量増加が認められたもの



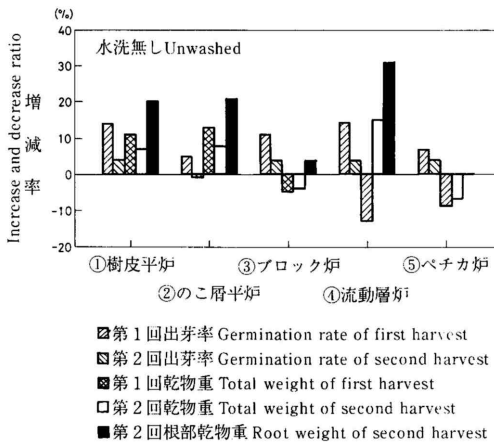
第3図 施用量と収量増減率との関係(樹皮平炉水洗なし)

Fig.3 Relation between addition amount of unwashed charcoal powder of bark carbonized by open hearth carbonization furnace, and the weight of cabbage and Japanese radish. The values are shown on the basis of no charcoal powder

の、収量と菌類の増殖の間には明確な関係を得ることができなかった。第3図と第4図には、大根とキャベツについての施用効果を示した。大根については木炭粉施用の効果が認められた。

木炭粉の種類としては、ブロック炉のような高温の条件で炭化した木炭粉ではなく、平炉や流動層炉のような低温で炭化した木炭粉が施用効果が高くなる傾向が認められた。

本研究は、ハウス栽培・ビート連作・農薬除去・水質保全などの効果について検討するため、新たな共同研究（木質系炭化物の農・水産業への利用）として展開する。



第4図 木炭粉の種類が大根生育に及ぼす影響

Fig. 4 Relation between unwashed charcoal powder species, and the weight and germinate of Japanese radish. The values are shown on the basis of no charcoal powder. Addition amount of charcoal powder was 5% to soil

Bark carbonized by open hearth carbonization furnace

Sawdust carbonized by open hearth carbonization furnace

Wood particles carbonized by sealed hearth carbonization furnace 1

Sawdust carbonized by fluidized bed hearth carbonization furnace

Wood particles carbonized by sealed hearth carbonization furnace 2

(平成元年度～平成2年度)

(物性利用科, 北海道立中央農業試験場, 北海道立十勝農業試験場)

1.1.2 多目的炭素系資材の製造技術開発

Research for the Way to Produce the Multi-Purpose Material Made of Charcoal Powder

木炭はその大部分が燃料用として利用されてきたが近年、土壌改良材や環境浄化材などの機能が注目され、我々はこの機能を高度に発揮できる木炭製造技術および用途開発の研究を進めてきた。しかし、昨今の環境問題や資源問題等の高まりに伴い、より一層の高度利用を目指した新たな用途開発が求められている。

木炭の新しい用途開発は、カラマツ・トドマツなどの間伐材JP樹皮・のこ屑など木質系バイオマスの有効利用の観点から必要である。そのため、木炭の環境浄化機能や土壌改良機能の検討を拡充するとともに、新たに難燃建材や新素材の開発を加え、木材の炭化技術とその用途開発の総合的な実証的試験を行う。

2年度の研究目標は、調湿機能を有する炭素系成形物の製造技術の開発である。このために以下の方法について検討した。

(1)炭酸ナトリウムを10%添加し、炭化温度300℃、炭化時間60分の条件で得た木炭粉を用いて、粉末接着剤(フェノール系)を10, 20, 30%添加した後、熱圧成形(温度180℃、時間15分)し、その調湿機能を測定した。ボード比重は0.6とした。

(2)炭酸ナトリウムを10%添加し、炭化温度300℃、炭化時間60分の条件で得た木炭粉を用いて、この木炭粉に故紙パルプを10, 20, 30, 40, 50%加え、炭酸ナトリウム5%水溶液に溶かし、ウェット法により成形し、その調湿機能を測定した。ボード比重は0.5とした。

調湿機能の評価には、以下の方法を用いた。

密閉容器内に試験試料を入れ、容器内の温度変化と試料重量の変化との関係を求めた。調湿機能の高い試料は、容器内温度が低下すると容器内の過剰な水分を取り込み、逆に、容器内温度が上がると試料内部水分

を吐き出す。したがって、調湿機能の高い試料はその重量の変動の幅が大きくなる。そこで調湿機能は、この変動幅の大小によって評価した。

(1)と(2)の成果は以下のとおりである。

(1)フェノール樹脂を用いて成形した場合、接着剤添加量の増加に伴い、吸放湿の変動幅は小さくなり、30%添加物は10%添加物より約20%低下した。しかし、原料の木炭粉と比較すると、吸放湿の変動幅は、30%添加の場合約1/10となった。

(2)故紙を添加し成形した場合、吸放湿の変動幅は、故紙の配合割合の増加に伴い小さくなったが、その低下の度合は接着剤の場合と比較して小さく、30%添加物は10%添加物より12%低下したにとどまった。また、50%添加においても約15%であった。また、同一の原料木炭粉と比較すると、吸放湿の変動幅は、30%添加の場合約1/2にとどまり、接着剤添加の場合と比較すると、調湿機能が大幅に改善された。

(平成2年度～平成4年度)

(物性利用科)

1.1.3 木炭ボードの製造技術の確立 (民間受託)

Study for Making the Board with Charcoal Powder

(平成元年度～平成2年度)

(物性利用科)

2. 工場副産物の利用技術の開発

Research and Development of Utilization Technologies for Factory By-Products

2.1 粉砕物としての利用技術の開発

Research and Development of Utilization Technologies for Wood Particles

2.1.1 未利用材高度利用技術の研究

(地域システム事業)

Conversion of Unused Forest Biomass and Waste Wood in Factory into More Valuable Products.

木材の高度利用のためには、新製品の開発や工場に

おける製品の品質管理などとともに、林地における未利用材、工場における端材、のこ屑、樹皮などの総合的な利用技術を高めることが必要である。これらの利用は、現状では、燃料・家畜敷料・堆肥・廃材チップなどの低位な利用にとどまっている。本研究は、さらに付加価値の高い利用方法として木質飼料について検討を加え、高付加価値完全飼料化技術を完成し、林産バイオマス地域循環システムの確立を目的としている。

平成2年度までの研究内容は以下のとおりである。

61年度：混合成形技術の調査、ならびに混合成形予

備試験

62年度：混合機の試作、ならびに成形予備試験

63年度：成形機の試作

元年度：混合成形総合試験、および飼料価値査定試験

2年度の研究目標は以下の4点である。

(1)試作混合成形装置における消費動力の軽減

(2)木質混合成形飼料工場の立地条件の検討

(3)木質混合成形飼料の価格試算

(4)混合成形装置の工業所有権の取得

上記の目標を達成するため以下の検討を行った。

(1)混合成形装置の駆動部スプロケットの交換により、駆動トルクを約3倍にあげた。

(2)林地残材、工場廃材、廃材チップなどの排出量、支庁ごとの牛飼養頭数、粗飼料価格を調査した。

(3)試作混合成形機をもとに、実用機の価格を試算し、立地を十勝支庁管内とし、割箸工場に併設する条件で価格試算を行った。

(4)各種混合成形装置の調査を行った。

2年度の研究成果を以下に示した。

(1)混合成形機の消費動力は、改造によって150 kWh/t から54 kWh/t と約1/3となった。

(2)林地残材、工場廃材、廃材チップなどの排出量は、130～150万 m^3 とはほぼ同量であるが、原料としては廃材チップが適している。

十勝支庁は牛飼養頭数が最も多く、粗飼料価格は比較的高い。

(3)試作混合成形機をもとに、実用機の価格を試算した。

1台420万円となった。割箸工場併設，年間生産量1,486t，TDN60%の混合飼料を生産する条件で，木質添加成研炭料ペレットの価格は水分を18%含んだ価格で36.3円/kgとなった。

(4) 試作混合成形装置を実用新案として出願した。
(昭和61年度～平成2年度)
(物性利用料)

2.1.2 家畜粗飼料の製造と実用化(森林総研委託)

Production of Wood Roughage for a Ruminant
- Steam Hydrolysis of Bamboo Grass-

本研究は，蒸煮処理法によるササ利用システムの開発を目的として，農林水産省の大和プロジェクト研究「生物資源の効率的利用技術の開発に関する研究」の一環として，農林水産省森林総合研究所の委託を受け，昭和63年度から平成2年度までの3か年計画で実施した。2年度は，キシロース取得のための適正な蒸煮条件，可溶化するヘミセルロースやリグニンの抽出・分離条件ならびに得られたリグニンの接着剤原料としての適正などについて検討した。

(1) 試験方法

クマイザサ稈部を原料として，原料の抽出物や蒸煮時の水分がキシランの可溶化や二次分解に及ぼす影響について検討した。蒸煮処理は，500l容量のオートクレーブを用い，所定温度(175～200)の飽和水蒸気で所定時間(5～30min)行った。蒸煮物は，木材分析法に準じて熱水，次いでアルカリ抽出を行い，蒸煮物や各抽出残さについてクラソンリグニン量や糖組成などを分析した。またこれらの結果に基づき，1回の処理量が約20kgの規模で上記と同様にして蒸煮物を調製し，スクリュープレスによる水可溶分の分離試験，ならびに希アルカリ水溶液を溶媒としたリグニンの抽出試験を行った。さらに，得られたリグニンについては，種々条件でリグニン・フェノール・ホルムアルデヒド系樹脂接着剤を調製し合板による接着力試験を行った。

(2) 試験結果

原料をそのまま蒸煮した場合と熱水抽出物を除去し

た後蒸煮した場合を比較すると，蒸煮物中のキシラン残存率は後者の方が高く，原料中の熱水抽出物が蒸煮処理に伴うキシランの低分子化や二次分解に関与していることが認められた。また，蒸煮時の原料水分の影響も認められ，30～50%の範囲で水可溶のキシラン量が多くなる傾向を示した。アルカリ抽出物を除去した場合についても蒸煮処理を行ったが，水可溶となるキシランの量は3者の中で最も低かった。熱水処理の効果は，水可溶キシランの増加だけでなく，水可溶物中の糖純度が高くなることである。200，6minの条件で蒸煮し，スクリュープレスで得た圧搾液の糖純度は，固形物に対し熱水処理をした場合には80%，前処理無しでは54%であった。

スクリュープレスで圧搾後の残さからリグニンをほぼ完全に抽出するための条件は，水酸化ナトリウム濃度0.3%以上，温度80であった。抽出されたリグニンは，抽出液をpH4に調整すると沈殿物となり，フィルタープレスで容易にろ過・脱水された。また，得られたリグニンは，フェノール・ホルムアルデヒド系樹脂接着剤の50%を代替できることが認められた。

(昭和63年度～平成2年度)

(物性利用料，成分利用料)

3. 枝葉の利用技術の開発

Research and Development of Utilization
Technologies for Branch and Needles

3.1 成分の利用技術の開発

Development of Utilization Technologies for
Constituents of Wood

3.1.1 木質系重金属吸着剤の製造試験(共研)

Preparation of Adsorbent for Heavy Metal
Ions from Wood Wastes

急速な経済の発展に伴い，産業廃棄物や生活廃棄物による環境汚染が重大な社会問題になってきている。特に，各種鉱工業から排出されるカドミウム，クロム(6価)，水銀，鉛などの重金属は，有機物とは異なり自然界に放出されても分解消失せず，種々の経路を経て動植物の体内に蓄積され，最終的には人体の健康

に重大な影響を及ぼすことになる。このような有害重金属イオンを除去する方法として、石灰や苛性ソーダによる中和凝集沈殿法は、装置が簡単で、しかも操作が容易であり、処理コストも安価なことなどから汎用されている。しかし、この処理により大量の重金属含有汚泥が生じることや、酸性側で沈殿汚泥から重金属が再溶出すること、重金属イオン濃度を排水基準に基づく規制値以下にするためには強アルカリ剤を使用しなければならぬなどの問題点があり、これらの欠点を補うために何らかの2次、3次処理が必要となる。

イオン交換樹脂やキレート樹脂との併用は、排水からの重金属の除去という点では優れているが、樹脂が高価であり、廃樹脂の処分も問題となる。したがって、安価で大量に供給でき、しかも容易に処分できる重金属捕集剤の開発が強く望まれている。また、焼却処分あるいは生分解可能なバイオマス为原料とする安価で高性能な吸着剤による各種産業廃水からのカドミウムなどの有害重金属の回収は、環境浄化の面だけではなく、鉱物、石油資源に乏しいわが国にとって、資源の有効利用の点からも重要な意義をもつものである。

一方、過疎化が進行している地域林業圏の活性化のためには、その地域の森林資源を高度に利用する新たな産業の創出が不可欠である。

木材は建築用部材、合板、家具に、また紙・パルプ原料として幅広く利用されている。一方、用材生産過程で大量に排出される樹皮、樹葉類は、一部が土壤改良材や家畜敷料として用いられているほかは、大半が廃棄もしくは燃料として焼却処分されているにすぎない。今日、森林バイオマス有効利用の観点から、含有成分の特色を生かしたこれらの残廃材の新たな用途開発が望まれている。

本研究は、樹皮、樹葉に含まれているポリフェノール、酸性多糖類、タンパク質などが重金属捕集能を有することや、リン酸基、カルボキシメチル基などの導入で木材にイオン交換能を付与することができることに着目し、各種木質廃材を原料とする重金属捕集剤を開発しようとするものである。

平成元年度までの試験において、樹皮のホルマリン

と硫酸による固定化処理で、樹皮類のウランに対する捕集能が向上すること、木材のリン酸エステル化処理で、木材の重金属捕集能は大幅に向上し、市販高分子系吸着剤と比較してそんな色のない性能を有すること、マツ属針葉はウランに対し極めて高い親和性を示し、また、針葉のホルマリンと硫酸による固定化処理で、ウランに対する捕集能がさらに向上すること、吸着法として、ろ過法（カラム法）が浸せき法（バッチ法）より優れており、より実用的なプロセスであることなどが見いだされている。

2年度は、木材の微生物（食用菌）処理による吸着性能の付与、針葉の吸着に寄与する成分の解明、木質系重金属吸着剤の実用化に関する総合的評価などを検討した。

シイタケ菌処理により木材のウラニルイオンに対する吸着性能は向上したが、ヒラタケ菌では明らかな処理効果は認められず、菌種によって処理効果に大きな差があることが明らかとなった。また、食用菌廃培地の重金属捕集能は樹皮類の上位に相当し、しかもウラニルイオンに対し高い選択性を示した。これら廃ホダ木、廃培地は樹皮類とならんで重要な重金属吸着剤の潜在資源である。

クロマツ針葉を種々の溶媒で抽出処理した結果、単位重量当たりのウラニルイオン吸着量は熱水やアルカリ処理で減少するが、有機溶媒抽出処理では変わらなかった。このことから熱水やアルカリで抽出される複合多糖類、ポリフェノール類が針葉の重金属吸着に関与していると思われる。しかし、熱水やアルカリ抽出残さも依然高いウラニルイオン吸着能を示すことから、針葉のウラニルイオン吸着に関して吸着担体の表面構造、細孔分布など物理的因子も重要であることが示唆された。

木質系重金属吸着剤の実用化を検討する目的で、有害金属汚染土壌の処理、鉱山排水処理、工場廃水処理、貴金属の回収試験を実施した。

6価クロム汚染地域の流出水の処理を想定し、樹皮、針葉によるクロムイオンの吸着固定化および固定化物の耐朽性試験を実施した結果、トウヒ属の樹皮、アカ

マツ、グイマツ針葉が高いクロム吸着性能を示した。

(昭和62年度～平成2年度)

特に、アカマツとグイマツの針葉は、3価クロムに対しては高い吸着性能を示さないが、毒性の強い6価クロムに対しては高い吸着性能を示した。また、強酸性側 (pH 1～3) が樹皮類のクロム吸着に有利なことも判明した。このことは鉱山排水が通常、強酸性であることを考慮すると、実用上好都合な性質である。

(成分利用科, 宮崎医科大学)

道内に比較的多く分布する黒鉱鉱床の亜鉛鉱滓、廃鉱浸出水の処理を想定し、中和処理と樹皮による亜鉛回収との組み合わせによる模擬浸出水の浄化試験を行った。中和処理により、著量溶存していた鉄イオンはすべて凝集沈殿し浸出水から除かれたが、排水基準 (5 ppm) を大きく上回る亜鉛 (65 ppm) がなお溶存していた。これを樹皮充填カラム内を通過させることで、樹皮キログラムあたり180ℓの中和処理水が規制値以下に浄化された。しかし、浸出水量を1,000 t/日と仮定すれば、1鉱山だけで少なくとも日13m³、年間5,000m³もの樹皮が必要となり、これは留萌支庁管内の転売可能な樹皮量に匹敵するものである。資源量や、広域に散在する樹皮を集中させなければならないことなどを考慮すれば、樹皮による鉱山排水の処理はかなり困難と思われる。

プリント基板製造工程で生じる銅メッキ廃液 (排出量480 t/日、濃度8,000 ppm) を一般的な凝集沈殿法で処理すると、薬剤だけで約10万円/日要する。これを樹皮 (ドロノキ樹皮:吸着能11 g/kg) で処理するとすれば、360 t/日の樹皮を要することになるが、このような大量の樹皮の確保は困難である。したがって、生石灰などによる凝集沈降後、十分に除去できない金属を樹皮に吸着させ、基準値以下として排出するような使い方が考えられる。現在、この目的で使われているキレート剤は2,000円/kgと高価であり、吸着能が1/20の樹皮でも使用できる可能性は残されている。

写真現像廃液からの銀の回収を想定して試験を行った。樹皮類の銀イオンに対する親和性は0.13 meq/gと必ずしも高くはないが、吸着処理した樹皮が容易に焼却処分でき、既存のX線フィルムの焼却による銀回収工程に組入れることが可能である。

3.1.2 針葉樹精油成分の家屋害菌に対する腐朽抑制効果

Inhibitory Effects of Volatile Oil Components of Coniferous Woods on Growth of House Fungi

環境汚染に対する配慮から、低毒性の殺菌剤、農薬の開発が要請されている。一方、木材含有成分中には強い抗菌性を示すものがあり、木材成分を利用した安全な薬剤の開発はこれらの要件を満たすとともに、新たな分野での木材需要を開拓するものである。

林産試験場では、これまでにトドマツ材精油およびその主成分であるジュバピオン (Juvabione) が食用菌 (担子菌) の生育を強く阻害することを見いだしている。

本研究は、トドマツ材粗抽出物、精油の木材腐朽菌および他の数種類の真菌類に対する阻害活性を調べ、木材防腐剤、殺菌剤としての適性を検討するものである。

平成2年度は、トドマツ材中の担子菌生育阻害成分の抽出および精製、阻害活性成分の化学処理による残留性の向上、木材腐朽菌、植物病原菌、カビ菌の生育抑制効果を検討した。その結果、阻害活性物質ジュバピオンはトドマツ材抽出物の脂溶性フラクション中に存在し、特に材精油は大量 (77%) に含んでいることが薄層、ガスクロマトグラフィにより明らかになった。また、カラムクロマトグラフィにより材油から活性物質を高収率で得ることができた。さらに、簡単なアルカリ処理により材抽出物、材精油、ジュバピオンは容易にケン化され、抗菌性、残留能が大きく向上することが明らかになった。材抽出物、材精油、ジュバピオンおよびそれらのケン化物はいずれも木材腐朽菌 (白色腐朽菌、褐色腐朽菌、軟腐朽菌など9種) の菌糸伸長を強く抑制した。特に、ジュバピオンのケン化物であるトドマツ酸は、ナミダタケ、ファネロキエーテの菌糸伸長を濃度500 μg/mlで完全に阻止した。しかし、

ナミダタケを用いた防腐効力試験では約5倍量(2,400 $\mu\text{g/ml}$) 注入したにもかかわらず、材抽出物とジュバピオンのみになぜか処理効果を認めたとにすぎず、明らかな処理効果を得るにはさらに倍量要するものと予想される。ジュバピオンはカビ類に対して抗菌性を示さなかったが、芝生病原菌(フサリウム菌、ピシウム菌、リゾクトニア菌、コムラサキシメジなど)に対し強い抗菌性を示した。

(平成2年度)

(成分利用科, 耐久性能科, 微生物利用科)

4. 微生物の有効利用

Effective Utilization of Micro-Organisms

4.1 食用菌栽培技術の確立

Establishment of Cultivating Technologies for Edible Fungi

4.1.1 ハウス管理によるシイタケ原木栽培技術の確立

Bed-Log Cultivation Method of Shiitake in the Green House

シイタケ原木栽培は、露地栽培からハウス内通年栽培に移行しつつある。しかし、既設ハウスはほとんどが密閉式で、そのために起きる弊害として、ホダ作りで内部腐朽が進まずに上ホダ状となり、完全ホダ化が困難であるという実態がある。またキノコの生育では、水キノコ、肉質が軟らかい、品痛みが早いといった現象が生じ、品質が低下するという問題がある。

そこで、理想的な構造のハウスを建設した上で、四季別栽培管理法を確立し、減少しつつある原木の有効利用を計ることを目的として、昭和63年度から試験を開始している。

平成2年度は、(1)63年3月に植菌し、開放型ハウスでホダ作りした原木の発生試験、(2)63年3月、6月、8月、10月に生木植菌した原木の発生試験、(3)63年3月に植菌し、開放型ハウスでホダ作りしたシラカンバ原木の発生試験を行った。

(昭和63年度～平成4年度)

(微生物利用科)

4.1.2 シイタケの空調栽培技術の開発

Saw-Dust Cultivation Method of Shiitake Under the Air-Conditioned Environment

本道における食用きのこの生産量は年々増加の一途をたどっており、生シイタケも平成元年度には2,512 tを超える生産量となった。

しかし、本道で消費される生シイタケの自給率は約50%と低く、その生産量の拡大は市場関係者からも強く望まれている。

一方、シイタケの生産に用いられるミズナラ原木は、年々入手が困難になってきており、シイタケの増産を図るうえで、大きな障害になりつつある。

林産試験場では、かねてから本道の気象条件を克服してシイタケ自給率を改善するためには、空調施設での菌床による栽培が不可欠であると考え、発生が短期間に終了する栽培法の開発と品種の育成に力を注いできた。その結果、実験室規模ではあるが、良好な成績を示す品種の選抜に成功した。

さらに、冷暖房を施した空調施設でシイタケ菌床栽培を成り立たせるためには、少なくとも1次発生で2.5kgの菌床から500gの収穫を得なければならないが、このボーダーラインを超えるための方法として、増収剤とフスマで調整した培地を用い、熟成中の菌床に光を与えることが効果的であることを元年度に明らかにした。

2年度は、(1)培養期間中(熟成期間を含む)における最適照明期間の検討、(2)子実体正形率を上げるための被膜形成促進法の検討、その他を行った。

この結果、60日間(熟成期間を含む)の培養中、最後の20日以上を照明期間とすると子実体の芽数がふえ、結果的に収量が増加することが分かった。

さらに、菌床表面の被膜形成のためには、細孔を開けた袋に詰めた培地を、さらに大きめの袋に収め、これに接種して30日間培養し、この後30日間照明下で熟成することが効果的であることを明らかにした。

(平成2年度～平成4年度)

(微生物利用科)

(平成2年度～平成3年度)

4.1.3 ナラタケ瓶栽培技術の開発

(微生物利用科)

Saw-Dust Cultivation Method of Genus

Armillariella

本道において人気の高い野生キノコ、ナラタケの瓶栽培法を確立し、食生活の多様化と栽培者の期待に応えるとともに、本道特産品を創出することを目的として、昭和63年度から試験を開始している。

ナラタケを栽培するうえで最も障害となるのは、種菌からの菌糸再生と活着が遅いために、菌床面がカビ汚染を受けやすいことである。

このため、ナラタケ栽培の試験結果が安定せず、データのバラツキが多くなる。

これまでの試験では、培養中のカビ汚染を予防するためには特殊なフィルターを挿入したゴムキャップが効果的であることが分かった。

平成2年度は、展開後の雑菌汚染を防止する目的で、発芽を促進させる方法を検討した。

特殊なフィルターを挿入したゴムキャップを用い、25℃で30日間培養した。これを培養後、吸水時間3時間、被覆材をウレタンフォーム2重掛けと一定にし、菌掻きの有無について(1)菌掻きなし、(2)接種源のみ除去、(3)菌層膜を全面除去の3法を比較したところ、雑菌汚染率は(1)33%、(2)0%、(3)67%となり、接種源のみ除去区で最も低かった。しかし、培養日数を60日とした場合は、全ての区で雑菌汚染率が50%以上となり、しかも各区での差が判然としなかった。フィルター付きゴム栓は通気性が良好でないため、培養日数が60日と長くなると、菌糸の活性が低下するものと思われる。

なお、液体培地中での菌糸束の形成は、Glucose 10 g、Malt extract 10 g、Yeast extract 3 g、水道水 1,000 ml の培地で促進されるが、これにエタノールを1～2%加えるとさらに促進される。

(昭和63年度～平成4年度)

(微生物利用科)

4.1.4 エノキタケの優良種菌の開発 (民間受託)

Preservation of *Flammulina velutipes* Strains

4.2 微生物機能の利用

Utilization of Wood with Application of Function of Micro-Organisms

4.2.1 微生物処理による繊維質資源の飼料化に関する試験 (共研)

Ruminant Food Production from Lignocellulose Resources by Basidiomycetes

本研究は、農業で大量に産出される稲わらなどのバイオマスを、バイオテクノロジーを用いて優れた飼料に変換し、飼料自給率の向上と家畜生産コストの低減を計ることを目的に、滝川畜産試験場と共同で行っているものである。林産試験場は「担子菌処理による稲わらの飼料化試験」を担当している。

共研初年度の昭和63年度は、稲わらの飼料化処理に適する担子菌の菌種選抜試験を行った。引き続き平成元年度は、成績の良かった5菌種(タモギタケ、マンネンタケ、ムキタケ、オオヒラタケ、ヌメリツバタケ)に加え、カワラタケ、ファネロカエテ、フクロタケ、およびサルノコシカケを供試して、合計9菌種42菌株についての菌株選抜試験を行った。

この中から、菌回り速度、重量減少率、酵素糖化率、リグニン量等のデータと稲わらによる栽培実績を総合的に考察し、タモギタケ2株(当场保存菌株、タ71-1とタ82-1)、オオヒラタケ1株(同、他82-30)、フクロタケ1株(日本農林種菌KKの市販株)の3菌種、4菌株を選抜した。

2年度は、元年度に選抜したタモギタケ(タ71-1、タ82-1)、オオヒラタケ(他82-30)、フクロタケ(日本農林KK)を用いて子実体発生試験を行うことにより、子実体を収穫した後の稲わら菌床と子実体の発生を行わせなかった菌床について、重量減少率、酵素糖化率および成分分析を行い、子実体発生が飼料価値に及ぼす影響を評価した。

さらに、上記4菌株から最終選抜した1菌株を用いて、綿羊の消化試験に供試する稲わら飼料を作成し、

滝川畜産試験場で綿羊による消化試験を行った。

この結果、フクロタケ以外の菌においては、子実体の発生を行った稲わら菌床の酵素糖化率が低くなったことから、子実体の発生は菌床の飼料価値を低下させると考察された。

また、タモギタケ（タ82-1）を用いての稲わら飼料の作製では、野積みによる発酵法を試みたが、うまくいかなかったため、高圧滅菌処理によって行った。仕上げた稲わら飼料の量は、436kg（水分88%，96kg・

dry）である。

この飼料はADL，粗タンパク質含量が増加したものの，粗脂肪，ヘミセルロース含量は顕著に減少していた。このため，綿羊の消化率の向上には結び付かず，実用化のためには，子実体の発生を抑制しながら培養期間を延長する技術の開発など，新たな追求が必要であると考えられた。

（昭和63年度～平成2年度）

（微生物利用科，北海道立滝川畜産試験場）