

林産試験場の平成3年度試験研究成果の概要

1991 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 …………… 5	Development of a Heating Floor
Technological Development for Diverse	Construction System and the System
Utilization of Wood Products	for Gymnasiums
1. 需要分野拡大のための木材利用技術の開発 …………… 5	1.3.2 木造大架構造物の開発 …………… 6
Research and Development of Utilization	Development of Large Span Timber
Technologies for Enlargement of Wood	Construction
Products Market	1.4 土木・農業用施設等の施工技術および資材の
1.1 木質内外装材の製品開発 …………… 5	開発 …………… 7
Development of Wooden Interior and	Development of Construction Technology
Exterior Parts	for Public Works and Agricultural
1.1.1 木質内外装材の性能評価と施工法の改善 …………… 5	Facilities and Materials
Assessment of Quality and Improvement of	1.4.1 カラマツ中小径材の簡易加工による新たな
Execution of Wooden Panelling and Siding	用途開発 …………… 7
1.1.2 音響性能を付加した木質建材の開発 …………… 5	Development of New Uses Based on Sim -
Development of Wood - Based Building	ple Process for Small Larch Logs
Materials Added the Acoustic Property	1.4.2 治山施設等におけるカラマツ間伐材の利用技術
1.1.3 高齢化福祉社会に向けた環境整備の	の開発 …………… 8
関連技術 …………… 5	Utilization of Small Larch Logs for
Development of Welfare Houses for	Forest Land Conservation
the Aged and the Handicapped	1.5 木製エクステリア製品の開発 …………… 8
1.1.4 カラマツ中大径材を利用した製品設計と	Development of Wooden Exterior Products
試作 …………… 6	1.5.1 中小径材のエクステリアへの利用技術
Trial Manufacturing of Furniture	開発 …………… 8
Used Plantation Grown Larch	Development of Exterior Equipments
1.2 木造住宅の施工技術および資材の開発 …………… 6	Using Small Wood
Development of House - Building Technology	2. 木質材料の性能向上技術の開発 …………… 8
for Wooden House and Materials	Research and Development for Improving
1.3 大規模建造物の施工技術および資材の開発 …………… 6	Technologies of Wood Material Properties
Development of Building Technology for	2.1 寸法安定性向上技術の開発 …………… 8
Large - Scale Structures and Materials	Development of Improving Technology of
1.3.1 体育館用床暖房構造とそのシステムの	Dimensional Stability
開発 …………… 6	2.1.1 新しい化学処理木材の開発 …………… 8

Development of a New Chemical Modification Method of Wood		Super Absorbent Materials Prepared from Lignocellulosics	
2.1.2 木材の新しい耐久処理技術の開発	10	3. 木質材料と異種材料との複合化技術の開発	16
Improvement of Weathering Behavior of Wood by a New Chemical Treatment		Research and Development for Combination of Wood and the Other Materials	
2.2 耐久性向上技術の開発	11	3.1 複合材の製品開発と製造技術の確立	17
Development of Improving Technology of Durability		Establishment for Developing Products and Manufacturing Technologies of Composite Materials	
2.2.1 官能基導入による木材の表面改質の研究	11	3.1.1 ゴムチップパネルの応用製品開発	17
Improvement of Wood Surface by Chemical Modification		Development of Utilization of Composite Panel with Rubber and Wood Particles	
2.2.2 ホウ酸塩剤の木材防腐・防火処理への 適用	13	4. 木質材料の使用マニュアルの充実	18
Application of Boric Acid Products to Wood Preservation and Fire - Retardant Treatment		Perfection of Use - Directory for Wood Materials	
2.3 耐火性向上技術の開発	13	4.1 樹種ごとの材質評価	18
Development of Improving Technology of Fire Resistance		Evaluation for Wood Qualities by Species	
2.3.1 木質系防火戸の開発	13	4.1.1 広葉樹の材質に関する研究	18
Development of Fire Doors Made of Wood Materials		Wood Qualities of Mizunara Trees Grown in Hokkaido	
2.3.2 準不燃軽量内装材料の開発	15	4.1.2 カラマツ類の材質評価	20
Development of Fire - Proofing Light Panel		Wood Qualities of Larix Species	
2.4 強度向上技術の開発	15	4.1.3 トドマツ精英樹系統の材質評価	21
Development of Improving Technology of Mechanical Properties		Wood Qualities of Todomatsu Trees from Elite Trees	
2.5 遮音・吸音性向上技術の開発	15	4.2 木質資材の各種性能の評価	22
Development of Improving Technology of Sound Insulation and Absorption		Evaluation for Properties of Wood Materials	
2.6 新性能付与技術の開発	15	4.2.1 製材強度の非破壊検査法の確立	22
Development of Technologies for Addition of New Properties		Development of Nondestructive Method for Prediction of Lumber Strength	
2.6.1 木材の可塑化およびその利用技術の開発	15	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
Development of Technologies for Plastici- zation of Wood by Alkali Treatment and Utilization of the Plasticized Wood		Properties of MG - Treated Particleboards	
2.6.2 木質系吸水材の製造技術の開発	16	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 External Use	
		4.3 木質資材の使用マニュアルの整備	24
		Making - up of Use - Directory for	

Wood Materials	dow
II 木材産業の体質強化を促進するための技術 開発……………25	1.6.2 外装用集成材の透明塗装技術 ……30
Technical Assistance for Fortifying of Local Forest Product Industries	Development of Transparent Finishing for Laminated Timber
1. 生産技術の改善・開発……………25	2. 生産工程の合理化……………30
Improvement and Development of Manufacturing Technologies	Rationalization of Manufacturing Processes
1.1 切削技術の改善・開発 ……25	2.1 製材工程の合理化 ……30
Improvement and Development of Cutting Technologies	Rationalization of Sawing Process
1.2 破砕技術の改善・開発 ……25	2.1.1 製材の欠点認識に関する研究 ……31
Improvement and Development of Pulverizing Technologies	Recognition of Defects of Sawn Timber
1.3 乾燥技術の改善・開発 ……25	2.2 乾燥工程の合理化 ……31
Improvement and Development of Drying Technologies	Rationalization of Drying Process
1.3.1 構造材の乾燥技術の開発 ……25	2.2.1 構造材の乾燥技術の開発（再掲） ……31
Development of Drying Technology for Structural Softwood Lumber	Development of Drying Technology for Structural Lumber of Softwood
1.4 注入技術の改善・開発 ……27	2.3 集成材製造工程の合理化 ……31
Improvement and Development of Impregnating Technologies	Rationalization of Manufacturing Process for Laminated Wood
1.4.1 外構部材に用いる道産材の防腐処理技術の 改善 ……27	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 ……31
Improvement of Preservative-Treatability of Domestic Softwood Grown in Hokkaido for External Use	Development of Manufacturing System for Laminated Wood from Low Quality Hardwood Logs
1.5 接着技術の改善・開発 ……29	2.4 合板製造工程の合理化 ……32
Improvement and Development of Gluing Technologies	Rationalization of Manufacturing Process for Plywood
1.6 表面処理技術の改善・開発 ……29	2.4.1 針葉樹単板の道材合板心板への適用 ……32
Improvement and Development of Treatment Technologies for Wood Surface	Utilization of Softwood Veneer for Core of Domestic Hardwood Plywood
1.6.1 木製窓の耐久性を向上する表面処理法の 開発 ……29	2.4.2 乾式接着方法による薄物道材合板の製造 技術 ……33
Development of Weathering High Resis- tance Treatment of Exterior Wooden Win-	Production of Thin Plywood with Film Glue made of Urea-Formaldehyde Resin
	2.5 成形板製造工程の合理化 ……33
	Rationalization of Manufacturing Process for Forming the Board
	2.6 加工工程の合理化 ……33
	Rationalization of Processing

2.6.1	製管製造工程の自動化技術の開発	33	Board with Waste Paper Charcoal Powder	
	Technology for an Automatically Controlled Manufacturing Process of Half-Split Chopsticks			
3.	開発製品の市場性の評価	34	1.2	粉砕物としての利用技術の開発
	Assesments on Market-Performance of Developed Products			Research and Development of Utilization Technologies for Wood Particles
3.1	市場性の分析	34	1.3	成分の利用技術の開発
	Analysis for Market -Performance			Development of Utilization Technologies for Constituents of Wood
3.1.1	カラマツ中大径材の高度利用に関する 研究	34	1.3.1	ササ成分の総合利用技術の確立
	Study on Advanced Utilization of Plantation Grown Larch			Utilization of Bamboo Grass Components
3.2	製造コストの低減化	36	1.3.2	ササヘミセルロースの効率的抽出法の開発
	Reduction of Manufacturing Cost			Extraction of Xylan from Culm of Bamboo Grass
III	未利用森林資源の活用技術開発	37	2.	微生物的手法による利用技術開発
	Technological Development Utilizing Un - or Less - Used Forest Resources			Research and Development of Utilization Technologies of wood by Biological Method
1.	化学的・物理的手法による利用技術開発	37	2.1	食用菌栽培技術の確立
	Research and Development of Utilization Technologies of wood by Chemical or Physical Method			Establishment of Cultivating Technologies for Edible Fungi
1.1	炭化物としての利用技術の開発	37	2.1.1	ハウス管理によるシイタケ原木栽培技術の 確立
	Development for Utilization Technologies for Charcoal Products			Bed - Log Cultivation Method of Shiitake in the Green House
1.1.1	多目的炭素系資材の製造技術開発	37	2.1.2	シイタケの空調栽培技術の開発
	Research for the Way to Produce the Multi - Purpose Material Made of Charcoal Powder			Saw - Dust Cultivation Method of Shiitake Under the Air - Conditioned Environment
1.1.2	木質系炭化物の農水産業への利用	38	2.1.3	ナラタケ瓶栽培技術の確立
	Application of Wood Charcoals for Agriculture and Fishery			Saw - Dust Cultivation Method of Genus Armillariella
1.1.3	木炭ボードの製造技術の確立	40	2.1.4	エノキタケの優良菌種の開発
	Study for Making the Board with Charcoal Powder			Improvement of Flammulina velutipes strains
1.1.4	故紙を原料とした炭化物のボード製造技術の 確立と機能評価	41	2.2	微生物機能の利用
	Study and Evaluation on Making the			Utilization of Wood with Application of Function of Micro -Organisms

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

(平成2年度～平成3年度)

(加工科)

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 木質内外装材の性能評価と施工法の改善

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

平成2年度に引き続き、カラマツ材のサイディングによる屋外ばくろ試験等によって、施工後にトラブルが発生しないような内外装材の断面形状と適正な施工条件について検討した。また、2年度に林産試験場の試験品を施工した物件について、部材の形状変化などを追跡調査した。さらに、金具等を用いた内外装材の施工法の簡略化について検討した。

その結果、施工後にトラブルが発生しにくい内外装材の断面形状としては、板厚、表面性状、さね長さ等の因子が重要であることが分かった。特に、サイディングの場合は、幅反りなどが起こりにくいように厚くて(2cm以上の板厚が望ましい)幅の狭いもの、しかも塗料・保護剤の適正な塗布量を確保できるように材表面をエンボス加工したものが望まれる。また、林産試験場で試作したサイディングの施工物件について追跡調査した結果、特に問題点は認められなかった。さらに、施工法の簡略化の一つとして、予備穴を必要としない特殊釘(商品名:フィニッシュネイル、釘胴部の形状と寸法:矩形, 1.1mm×1.3mm)の引き抜き抵抗と作業性を調べた結果、この釘の引き抜き抵抗は同じ長さの鉄丸釘の2倍強の値を示し、専用ネイラーによる作業時間は従来の予備穴をあけてから、金づちで鉄丸釘を打ち込む場合の半分以下に短縮できた。

1.1.2 音響性能を付加した木質建材の開発

Development of Wood-Based Building

Materials Added the Acoustic Property

平成2年度には音響性能を重視した内装材、特にオーディオルームに代表される視聴覚室に使用可能な吸音性能を考慮した内装壁パネルの開発を行い、室内音響設計に使用し得ることを確認した。

3年度には音響性能を重視した開口部材、特に高い遮音性能を有する木製サッシ、ドアを開発するため、防音サッシに関する資料の収集を行い、現状の技術状況を調査した。その結果、アルミサッシと樹脂サッシでは特別に防音サッシとして開発されたものはみられるが、木製サッシに関しては、カタログ上では防音性が記載されたものはあるが、実際にはガラス構成を変える以外、構造的には通常の窓とほとんど変わらないのが現状であった。また、ドイツエンジニア協会技術指針VDI 2719(窓とその付帯設備の遮音)について検討を加え、我が国の建物構造を考慮した指針に関する素案の作成を行った。

(平成2年度～平成4年度)

(性能開発科)

1.1.3 高齢化福祉社会に向けた環境整備の関連技術

Development of Welfare Houses for
the Aged and the Handicapped

高齢者や障害者のための住環境整備は非常に重要な課題である。そこで、特に住宅における問題点、改善策、そこへの木材・木製品の活用の可能性を明らかにするために、これからの福祉住宅のあるべき姿、問題点に関して情報収集等の調査を行った。

現在、建築分野において長寿社会における建築はど

うあるべきかという課題が大きな比重を占めるようになってきた。現状では「普通」の住宅を車椅子生活が可能になる構造に改造することがあるが、不十分である。今後、機能性や居住性を考慮した増改築システムを確立する必要がある。この場合、木造住宅の方がよりフレキシブルな対応が可能と考える。また、高齢者や障害者が使いやすい住宅付属施設（バルコニー、外階段、サンルーム等の半戶外施設）を考えた場合、車椅子での使用を可能にするためには段差を設けないことであるが、雨仕舞等で問題点が大きい。むしろ、車椅子を「はき替える」ことを前提とした方が住宅管理上好ましい。そこで使われる室内用木製小型車椅子等の福祉器材を開発する可能性は大きい。

(平成3年度)

(性能開発科)

1.1.4 カラマツ中大径材を利用した製品設計と試作 Trial Manufacturing of Furniture Used Plantation Grown Larch

カラマツ中径材やLVLの材質的特徴を生かした家具を設計・試作し、その加工性、塗装性、機能性、意匠性などについて検討した。

平成3年度の検討結果を取りまとめると次のようになる。

- (1) カラマツ小断面材を格子状に組み合わせた内装間仕切り（パーティション）を設計・試作し、事務室、住宅などの内装部材として応用し得ることを確認した。
- (2) カラマツLVL材を使って応接セットを設計・試作した。大きな断面で扱う場合に問題となる板目面をデザイン上の手法で処理し、LVL独特のフォルムを強調した。また、仕口部分の仕上げを容易にするために加工性の良好な異樹種を組み込むなどの新しい試みを取り入れ、デザイン上のアクセントとした。
- (3) 機能性の高い各種収納家具を設計・試作した。中大径材の木目の美しさを生かすために不要な装飾加工は極力排除し、材の厚みの中に機能を仕掛けたり、材幅を生かしたシンプルな構成を行う等、中大径材としての厚みと幅をデザイン上で効果的に取り入れた。ま

た、金物類の取り付け加工においてはカラマツの材質特性を十分に考慮した細かい配慮が必要であることを確認した。

- (4) カラマツのアンモニア処理による着色効果を部分的に利用したが、顔料による着色とは違った色調が効果的に得られることを確認した。また、処理材を加工する場合には着色部分が欠損してしまう恐れが大きいので、組み立て後に部分的あるいは全体的な仕上げ処理を行うことも考えられる。

(平成3年度)

(性能開発科、普及課)

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

1.3 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 (民間委託)

Development of 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)

1.3.2 木造大架構構造物の開発

Development of Large Span Timber
Construction

現在、木材を主構造とする大形の建造物の建設が世界的な趨勢となっており、こうした時代背景の基で、材料供給サイドにおいても大架構構造物の部材製造や設計手法を構築することは、今後の大架構構造物の開発に大きく寄与するものと期待される。

本研究は、木材を主体とした混構造の大架構構造物の開発を行い、木質構造物の広範囲な建築分野への浸透を図り、木材の需要拡大に貢献することを目的とするものである。

平成3年度は、縮小モデルの設計・試作を中心に、構造形式ならびに施工方法を確認し、次年度以降のより実大に近い接合部等の部分実験による性能確認が円滑に実施できるよう検討を重ねた。

(1) 構造物の基本デザイン、架構構造の検討

構造物の基本デザイン（意匠）として、集成梁がワイヤーにより弾性支持される斜張橋に近い架構構造によるモデルを決定し、その基本構造についての構造試算を行い、下記の縮小モデルを作成する上での部材の断面構成、接合部の構成法等を検討して初期的なモデルの確定を行った。

(2) 縮小（1/10程度）全体モデルの試作による施工試験・強度試験

モデル実験により、架構方式や接合形式を手直ししながら、力学的に有効、かつ施工方法が合理的な構造形態を見いだすため、基本モデルの1/10の縮小模型を試作した。部材にはいずれもエゾマツ製材を使用し、ワイヤーには広範囲な荷重域で伸びが均一な登山用のロープを採用して、比較的低レベルの加力試験でもワイヤーの伸びの効果が十分に確認できるものとした。

梁材の応力分担（曲げモーメント）がより均等になるように、主ワイヤーの複数配置を行い、その引張剛性や配置位置について検討した。また、主要部材である梁材を全スパンで3分割し、その中間部は立体トラスと張弦梁とを組み合わせた構造、両側の部分は単純な梁となっている。それぞれの分割要素の支持・接合条件は、その両端についてはピン接合による単純支持、中間部についてはピン接合ならびに剛節接合の2条件として、それぞれの条件における主部材の負担応力や変形性状について検討した。

なお、本研究テーマは平成4年度よりデザイン科との共同研究となる。

（平成3年度～平成5年度）

（構造性能科、性能開発科）

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 カラマツ中小径材の簡易加工による新たな用途開発（住木センター委託）

Development of New Uses Based on Simple Process for Small Larch Logs

今後、大量に出材が予想されるカラマツ中小径材の需要の拡大には、用途の多様化が不可欠である。その一つの方向として、カラマツ丸太・たいこ材を、簡易な加工のみで利用できる分野、例えば簡易建築物や土木施設等へ用途開発を進めることが考えられる。

そのためには、カラマツ材固有の長所（高耐久性、高強度）や丸太・たいこ材の性質である加工コストの低さ、目切れがなく高強度であること、防腐剤の注入のしやすさ等の特性を十分に活用した用途の開発が重要である。

(1) 気乾材実大丸太の動的ヤング係数の測定および曲げ強度試験

丸太は製材品に比べて、強度性能は高いといわれているが、これらを証明するデータが乏しく、製材品と同等に扱われているのが現状である。このような状況から、強度等級区分法確立のための基礎資料を得ることを目的としてカラマツ丸太を対象に強度試験を実施している。

平成3年度は、カラマツ気乾丸太34本について基本振動周波数による動的ヤング係数の測定ならびに実大曲げ強度試験を実施した。

結果は、動的ヤング係数で97.0～111.9～129.0 (tonf/cm²) 曲げ破壊係数で420.2～533.0～609.6 (kgf/cm²) 曲げヤング係数で82.7～99.7～12.01 (tonf/cm²) の範囲であった。2年度のカラマツ生材丸太の曲げ強度試験結果と比較すると曲げ破壊係数、曲げヤング係数とも大きな差異は認められなかった。これは、天然乾燥中に発生した割れの影響が大きかったものと思われる。動的ヤング係数と曲げ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12%ほど大きい値を示した。

(2) 土木用施設・資材の実態調査

ウォーターフロント関連の木製施設について、国内および国外の事例を調査した。

(平成2年度～平成3年度)

(加工科)

国外では、ニューヨーク（アメリカ）のサウスストリート・シーポート（ピア17）の護岸やバンクーパー（カナダ）のグランビル島の水面上に張り出したテラス等、木が直接水に接している例もみられた。

しかし、国内では木材を主要構造部や水中に使用した例は、イベント等で短期間使用する施設以外はほとんどみられなかった。木材の持つ暖かさや柔らかさ、周囲の景観との調和等、木製品による施設への期待は高いものの、施主が要求する耐用年数に対して木材の耐久性が一致していない場合が多かった。

(3) 農林水産業用 PT 型ハウスの実態調査と要求性能の把握

農林水産業用 PT 型ハウスの開発から10年以上が経過し、近年、ユーザーサイドから規模の拡大や一部構造の見直し等の要求があがっている。このようなことから、PT 型ハウス仕様書の改訂に向けて、既設ハウスの実態調査ならびに関係者からの意見・要望等の聴取を実施した。

PT 型ハウスの建設戸数の調査は、確認申請を受けたものに限定して行った。その結果、釧路支庁（確認申請を行っていないものも調査）を除いて、130棟であった。また、築10年以上が経過した PT 型ハウスの損傷状況は、トラスのガセット板表面の一部の釘に錆が発生しているものの、トラスおよびポール等の構造部材に腐朽などは観察されなかった。

施主および施工業者の主な意見・要望としては、ハウス内での大型機械が使用可能な規模への拡大、オープンリッジ部の雨水処理、基礎部分の施工手順等の改善があげられた。

(平成3年度～平成5年度)

(構造性能科, 材料性能科, 耐久性能科)

1.4.2 治山施設等におけるカラマツ間伐材の利用技術開発（民間委託）

Utilization of Small Larch Logs for Forest Land Conservation

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

人工林中小径材の需要拡大を図るため、デザイン性に優れ、加工性、施工性がよく、耐久性に富んだ製品への利用技術を開発することを目的とした。平成2年度は住宅用エクステリアへの利用技術開発を行った。3年度はストリートファニチャーへの利用技術開発を行った。

地域モデルとしては檜山管内乙部町を選定し、町並みに配慮しながら町の個性を表現した各種ストリートファニチャー（バス待合室、街路灯、電話ボックス、各種案内板、ごみ箱、フラワーボックス、ベンチ、シンボル塔）のデザインを提示した。部材には地元産スギを使用し、角材（断面7cm×12cm）の組積工法を採用することで、デザインに統一感を与えるとともに、部材および施工のシステム化を図った。部材には防腐処理材を使用し、仕上げはウレタン塗装としたが、今後耐久性について継続的に観察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 新しい化学処理木材の開発（林野大プロ）

Development of a New Chemical Modification Method 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年度から実施しており、平成3年度が最終年度である。この課題は二つのテーマに大きく別れており、そのうちの一つは乾燥に関わる検討課題、もう一つは内・外装材料の高付加価値化に関わる検討課題である。後者の課題はさらに二つに別れており、一つは主に化学処理により木材の耐候性・耐朽性を向上させ、高付加価値化する技術開発に関する課題、もう一つは木材素材および処理材の耐久性の評価に関する検討課題である。乾燥に関わる検討課題は林産試験場では乾燥科が担当したので、ここでは主に高付加価値化の検討課題について述べる。

化学処理技術の開発については、林産試験場で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、マレイン酸・グリセリン処理 (MG処理) を素材に適用することについて検討を行った。2年度までの結果として、以下の点が明らかとなっている。

- ・マレイン酸とグリセリンの最適混合比は6:4~7:3。
- ・溶媒は水よりもメタノールの方が適している。
- ・ナトリウム塩が触媒として有効である。
- ・抗膨潤能は70~80%程度であった。
- ・耐朽性に関しては、菌種により差があるものの、重量増加率に比例して効果が認められた。
- ・MG処理は、マイクロ波で曲げ加工した木材を固定する能力にも優れていた。

3年度はこれらのMG処理の特徴を生かし、曲げ加工材を使用した屋外用ベンチを作製し、その総合的な性能について検討した (第1図)。



第1図 無処理 (左) およびMG処理 (右) ベンチの屋外暴露試験結果

Fig. 1. Results of outdoor exposure of a control bench (left) and a MG-treated bench (right).

無処理材で作製したベンチは屋外暴露後数日で、曲げ部分に変形しはじめたことから、特別な対策を講じない限り、屋外での使用には耐えられないと判断された。それに対して、MG処理した方はほとんど原形を維持しており、この処理が十分な固定能を有することが実証された。このことはMG処理により屋外で使用する木製品のデザインの自由度が高まることを意味する。

また、MG処理したシナの試験片を屋外に暴露した場合の表面粗さの経時変化について検討した。無処理試験片は暴露期間が長くなるにつれて表面が風化し、春材部が痩せた結果凹凸が顕著になった。さらに、一部の無処理試験片では小さな亀裂も認められた。それに対して、MG処理試験片では表面の平滑性がよく保たれており、無塗装でも十分な耐候性を有していることが明らかとなった。

本課題のもう一つの柱である全国的なレベルでの木材の耐久性の評価に関しては、63年度から引き続き、塗装および無塗装合板の屋外・屋内暴露試験を継続中である。なお、本試験は3年度で終了するが、さらに2年間暴露を継続して行う予定である。暴露試験片の一部は抜き取り、森林総合研究所に送付して色調の変化などについて測定中である。

もう一つの課題として、九州から北海道までの全国11の試験研究機関でMG処理パーティクルボードの屋外暴露を実施し、その耐候性について検討した。MG処理パーティクルボードの製造条件は以下のとおりである。すなわち、カラマツ削片 (長さ40mm×厚さ0.5mm幅 Random) にMGを木質重量あたり10%噴霧した後、粉末フェノール樹脂接着剤を6%添加し、常法にしたがってマットフォーミングし、熱圧した。

暴露は富山県林業技術センターの作成したマニュアルに基づいて実施された。MG処理パーティクルボードの暴露試験に参加したのは森林総合研究所 (所在地: 茨城県) をはじめ、各県の林業・林産試験場、グリーンセンター、林業技術センター、農林試験場等の試験研究施設である。

1年間の暴露終了後、各試験片は林産試験場に返送

第1表 各試験研究期間で1年間暴露されたMG処理
パーティクルボードのはく離強さ残存率
Table 1 Retention of IB of MG-treated particle-
board after one-year outdoor exposure
test

暴露実施場所 Location	残存率 (%) Retention
北海道	105.0
岩手	96.9
富山	84.9
福井	75.5
山梨	80.4
長野	71.3
静岡	98.7
茨城	89.4
和歌山	76.3
徳島	68.1
長崎	80.9
平均	84.3
Average	

され、前述の条件下で調湿した後、厚さおよびはく離強さ (IB) の残存率を求めた。IB の測定は各試験片の中央附近から4枚ずつ切出し、JIS A 5908-1986に準拠して行った。

厚さ膨張率は暴露開始後9か月まで含水率の増加にともなって増え続けた。含水率が最高となる36.8%の時点を膨張率はほぼ10%となった。この値は同一ボードから切出した試験片を用いて行った促進試験 (浸水試験) の値、すなわち96時間で9.2%とほぼ等しく、MGパーティクルボードの最大膨張率と考えられる。

各試験研究機関で暴露したMGパーティクルボードの、調湿した後のIB残存率を第1表に示す。結果として、データのバラツキのため、細部にわたる解析は行えなかったが、全データの平均ではIBの残存率が84.3%であり、かなり優れた値であると判断された。

また、不可逆的なスプリングバックもほとんど無視し得る程度であり、MG処理によりパーティクルボードに対し優れた耐候性を付与できることが明らかになった。

以上の結果を総合すると、MG処理はパーティクルボードおよび木材素材に優れた耐候性を付与することが可能であると判断された。さらに曲げ加工材の形状固定能に優れていることや処理コストが安いことなどの多くの利点があることから、MG処理は実用化の可能性の高い化学処理方法であると考えられる。しかし

ながら、苛酷な処理条件に伴う材の劣化や暗色化が用途によっては実用化の障害となるため、処理条件の緩和に関して別の検討課題の中で研究を進めている。

(昭和63年度～平成3年度)
(化学加工科)

2.1.2 木材の新しい耐久処理技術の開発 (共研)

Improvement of Weathering Behavior of Wood by a New Chemical Treatment

林産試験場ではパーティクルボードの寸法安定性の改善を目的として、マレイン酸・グリセリン処理 (MG処理) を開発した。本課題は、木材素材にMG処理を適用する際の反応条件の緩和を目的として、北海道大学農学部との共同で研究を行っているものである。

MG処理パーティクルボードのみならず、木材素材に対しても優れた耐候性を与えるであろうことは十分推測可能である。しかしながら、反応性の劣る遊離のカルボン酸を使用したこと (それによるメリットも多いが) に起因して、処理条件が苛酷にならざるを得ない。その結果として、MG処理された材は脆くなり、暗色化するなど実用化の障害となる点がある。

これらのMG処理の欠点をできる限り除去するためには、反応についての知見を得た上で、その反応に効果的な触媒を使用するなどして反応条件の緩和を図ることが重要である。

平成3年度はこの方針に基づいて、MG処理の反応に関して基本的な検討を行った。

最初に、MG処理液の調製条件とその組成について検討を行った。IRスペクトルおよび¹H-NMRスペクトルから処理液中には、無水マレイン酸とグリセリンのエステルが存在することが確認された。また、水浴上で無水マレイン酸またはマレイン酸とグリセリンを混合して反応させた場合の経時的な酸価とケン化価の変化について検討した。興味深いのは、80℃程度の比較的低い温度で、無水マレイン酸よりも反応性のやや劣ると考えられているマレイン酸を使用した場合にも酸価が低下し、ケン化価が増加している点である。このことから、比較的低い温度でエステルが生成するこ

とが考えられる。また、質量分析の結果、MG処理液中には $m/z1000$ を超えるものまでであることから、遊離のカルボン酸も縮合していることが明らかとなった。

セルロースとマレイン酸との縮合反応については、マレイン酸または無水マレイン酸単独でセルロースまたはグルコースと反応させ、 ^{13}C -NMR によって結合形態を検討した。その結果、無水マレイン酸を用いてもマレイン酸を用いてもセルロースまたはグルコースの水酸基との間にエステル結合が生成することが明らかになった。

以上の結果を総合すると、(無水)マレイン酸はセルロースともグリセリンとも結合していることが明らかになったが、このことはグリセリンを介してセルロース鎖間に架橋が生成していることを間接的に示唆している。また、マレイン酸の遊離のカルボキシル基の反応性は無水物よりはやや劣るものの、かなり高いことが明らかとなった。

次に、シナノキ試験片に30%メタノール溶液を含浸した後、種々の反応条件下で処理し、その寸法安定性および溶脱率を指標に、MGの反応に最低限必要な処理条件について検討した。

MG処理を施した場合には、1回目の浸水ではMG処理したすべての試験片で無処理試験片に比べて寸法安定性がかなり改善された。しかしながら、浸水乾燥を繰り返した場合には、最も温和な反応条件(140℃で1時間)で処理した試験片では溶脱率が19%以上、体積の減少率が7%にも達した。また、体積の減少にともない割れや変形が多く認められた。このことは、MGが十分反応せずに残っていたため、溶脱が激しかったものと考えられる。しかし、この条件より処理が苛酷になるにつれて浸水乾燥を繰り返しても溶脱率、体積減少ともに低下し、MGがより十分に反応していることが明らかになった。

以上の結果より、現時点ではMG処理には160℃・2時間以上の反応条件が必要と判断されたが、この条件の緩和が今後の検討課題である。

(平成3年度～平成4年度)

(化学加工科, 耐久性能科, 北海道大学)

2.2 耐朽性向上技術の開発

Development of Improving Technology of Durability

2.2.1 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幅広く用いられている材料である。しかし、その耐久性は十分とはいえない。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。具体的には、官能基を導入し、これに後処理として金属イオンを反応させることを試みた。

木材へ導入する官能基は、経済性、後処理との関係を考慮して選定した。経済性の点からは、処理薬品は汎用性があり、安価であること、処理工程が単純であることが必要である。後処理は耐水性、耐腐朽性、塗膜の耐久性などを向上させることを目的として行った。いくつかの官能基について予備的に検討した結果、化学修飾としてカルボキシメチル化、スキシニル化が最適であることを見いだした。

(1) カルボキシメチル化

① 処理方法

ブロック木材に適した処理は、エタノール-水混合溶媒を媒体とし、モノクロロ酢酸もしくはモノクロロ酢酸ナトリウムと水酸化ナトリウムとを用いた方法であった。この場合、低アルカリ濃度(2%以下)での処理が可能であった。

② 反応溶媒

反応溶媒としてエタノール、ピリジン、ジメチルホルムアミド、ジメチルアセトアミド、ジメチルスルホキシド、ホルムアミド、N-メチルアセトアミド、メチルセロソルブ、テトラメチル尿素、ヘキサメチルホスホリックトリアミドの10種について検討した。

その結果、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、エタノールを用いた場合に高い反応が得られた。特にエタノール-水混合溶媒系が木材のカルボキシメチル化に最適であると判断された。

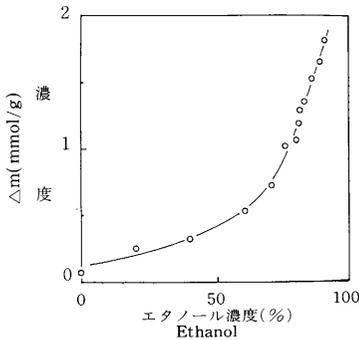
③ 側鎖導入量

木材へのカルボキシメチル基の導入量はエタノール濃度が高くなる程増大し、NaOH / ClCH₂COOH=2/1 (もしくは NaOH / ClCH₂COONa=1/1) の時最大を示した (第1図)。

処理温度の上昇に伴い、導入量は増大するが60℃以上では一定となった(第2図)。側鎖導入量は、NaOH / ClCH₂COOH の仕込量が1 lの中に1.0/0.5 (mol/mol) までは導入量が増大するが、それ以上では一定となった (第3図)。

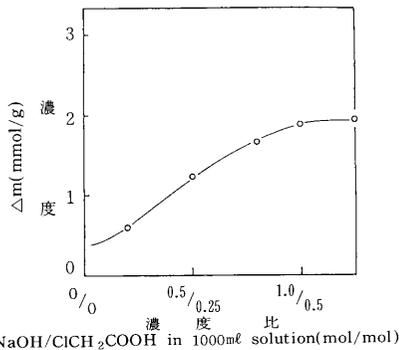
(2) 金属イオン導入の試み

上記のカルボキシメチル化木材に Na, Mg, Ca, Fe (II), Zn, Cu, Ba, Pb, Al, Fe (III) の10種の金属イオンの導入を試み、導入量、結合形態について検討



第1図 カルボキシメチル基導入量に対するエタノール濃度の影響

Fig. 1. Dependence of Δm on the concentration of ethanol



第3図 カルボキシメチル基導入量に対する水酸化ナトリウム/モノクロル酢酸濃度の影響

Fig. 3. Effect of concentrations of monochloroacetic acid and sodium hydroxide on Δm

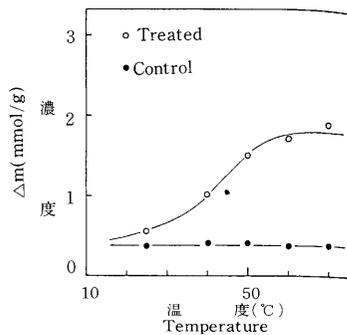
した。

① 金属塩処理法

所定濃度の金属塩溶液を減圧注入し、室温で1時間静置後蒸留水で繰返し洗浄し、残余の塩を除去した。IRの測定結果から導入されたカルボキシメチル基末端のカルボキシル基に金属が結合されていることが確認された (第4図)。

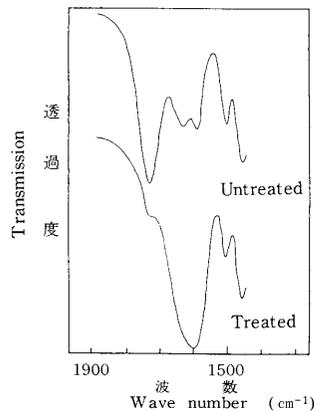
② 金属イオン導入量

金属の導入量は、導入側鎖が多くなるにしたがい増大した。また数値の少ない金属ほど増大する傾向を示した。



第2図 カルボキシメチル基導入量に対する反応温度の影響

Fig. 2. Effect of reaction temperatures on Δm



第4図 カルボキシメチル化木材の金属塩処理前後におけるIRスペクトルの比較

Fig. 4. Comparison of infrared spectra of carboxymethylated woods before and after treatments with Zn(OAc)₂ solutions

側鎖のコンフォメーションと木材中の分布状態から、2値以上の金属の場合、少なくとも木材中のセルローズでは分子間結合が形成されていると推察された。

金属塩処理の効果

金属塩処理材には高い水性が付与された。接触角は無処理材では64°であったが、Alでは126°、Fe()では130°であった。

水に対する諸性質を評価するために、30℃、RH90.7%での接線方向の寸法の経時変化と、30℃、水面下5cmに24時間静置後の吸水率、接線方向の寸法変化を測定した。その結果処理材の吸水率は無処理材の1/3であった。しかし側鎖に対する金属の導入量を増大させても寸法安定性の改質効果は見られなかった。

またカルボキシメチル化木材と反応すると思われるエポキシ樹脂系の塗料を塗布し、ウェザーメーターによる促進劣化試験を行ったが、木材と塗料が化学的に結合したことによるメリットはみいだせなかった。

カルボキシメチル化木材にFe、Al、Zn等の金属イオンを導入した場合に優れた水性が付与されたがこの効果は促進劣化試験の結果に反映されなかった。

(平成元年度～平成3年度)

(化学加工科)

2.2.2 ホウ酸製剤の木材防腐・防火処理への適用 (共研)

Application of Boric Acid Products to Wood Preservation and Fire-Retardant Treatment

ホウ酸は、臭いがなく無色で安全性に富む薬剤であるが、水に対する溶解度が低いので木材保存剤としては単独では使われていない。最近、旭硝子株がトリエタノールアミンを使って高濃度のホウ酸溶液を作るのに成功し、またホウ酸-シリカゲル担持体の製造やホウ酸展着シートを開発したので、それらの製品の木材防腐・防火処理への通用方法について検討した。

その結果を列挙すれば以下のようなものである。

- (1) ホウ酸高濃度溶液を用いた防腐効力試験では、耐候操作を経なければ、8kg/m³の処理で担子菌に対して十分な効力を持つことが認められた。軟腐朽菌ケ

トミウムに対しては8~20kg/m³の処理で効力を発揮した。ただし、耐候操作を経るといずれの菌に対しても32kg/m³の処理でさえ完全な効力を持たなくなった。

- (2) ホウ酸高濃度溶液とホウ酸-シリカゲル担持体を用いたナミダタケを対象にした土壌処理試験では、それぞれホウ酸として2kg/m³あるいは3kg/m³の保持量で十分な効力を示した。また、ホウ酸として70g/m²の処理を施した不織布の菌糸生長防止効果は完全であった。
- (3) ホウ酸高濃度溶液の防黴力は弱く、ホウ酸として20%の処理を施さなければ、完全な効力を示さなかった。
- (4) ホウ酸高濃度溶液で処理した合板の表面燃焼試験の結果、残炎時間を難燃3級の規格の範囲内に納めることはできなかった。

本テーマは旭硝子株との共同研究であり、上記した3種のホウ酸製剤を木材保存剤として利用する上で克服すべき課題は来年度も引き続き検討する。

(平成3年度～平成4年度)

(耐久性能科, 旭硝子株式会社中央研究所)

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 (中企庁補助)

Development of Fire Doors Made of Wood Materials

平成2年6月、防火戸に関する建設省告示が改正され、熱や炎を一定時間遮ることができれば、部材が可燃性であっても防火戸として認められることになった。これにより、防火上の規制から開口部が鋼鉄製のドアやアルミサッシに限られていたマンション、ホテル等にも、木製ドア、木製サッシを適用することが可能となった。

防火戸は甲種と乙種に区分されており、甲種は60分間、乙種は20分間の加熱を行い、次の評価項目を満足しなければならない。

- ・すき間、裏面側に達する亀裂を生じないこと
- ・裏面側に発炎を生じないこと
- ・裏面側に著しい発煙を生じないこと
- ・3kgの砂袋による衝撃試験によっても、有害な破壊、はく離、脱落のないこと。

防火規制を受けるドアは、多くの場合甲種防火戸とすることが求められる。そこで、木質系材料に60分間の加熱によっても燃え抜けない耐火性能を付与する技術、およびドアとドア枠のすき間部分からの燃え抜けを生じさせない防火上の補強技術を開発した。

(1) 接着積層材料の耐火性能

木質系材料と無機材料との膨張率の違い等による部材の脱落や亀裂を招かず、60分間の遮熱性能を有する複合材料の組み合わせ方法を明らかにするため、難燃処理した板材や合板、またはパーティクルボードなどと無機系材料とを接着積層して作製した面材料に対する耐火加熱試験を行い、60分加熱後の裏面温度を比較した。

複合化のタイプとしては、集成材をコアとしセラミックファイバーや合板、難燃合板を組み合わせたものが4体、同様に集成材のかわりにパーティクルボードをコアとしたものが7体、ケイ酸カルシウム板のような無機材料をコアに、両側に木材を使用したもの2体である。

パーティクルボードをコアとし、両側にケイ酸カル

シウム板、難燃合板を使用してレゾルシノール樹脂で接着積層した構成を持つ厚さ53mmの複合材料は、60分加熱終了時の平均裏面温度が66~78℃であり、最も遮熱性に優れていた。

集成材をコアとする材料は、パーティクルボードをコアとする材料より劣る結果となった。これは、主に加熱によって集成材が変形し、加熱側で保護層として働く無機材料の脱落を招いたことによると考えられる。

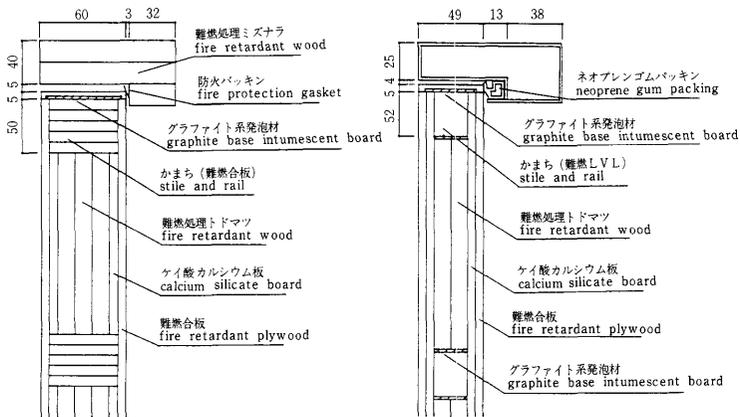
(2) 甲種防火戸の耐火試験

かまちとドア部材の組み合わせ部分、ドアとドア枠とのすき間などに対する防火処理について、①から⑦までの方法を組み合わせた13体のドアを試作した。

- ① ドア枠を2段にする
- ② ドア枠にケイ酸系発泡材を装着する
- ③ 化粧縁にグラファイト系発泡材を装着する
- ④ かまち内部にケイ酸系発泡材を挿入する
- ⑤ かまちとドア本体部分の間にケイ酸系の発泡材、またはグラファイト系の発泡材を挿入する
- ⑥ シリコン系の防煙パッキンを使用する
- ⑦ プラスチック系の防火パッキンを使用する

耐火試験の結果、第1図に示すような構成を持つドアが甲種防火戸の基準を満足した。

本研究の目的とした木質系甲種防火戸を作製するための基本的な技術開発はほぼ終了し、建築基準に合致する防火戸を作製する見通しを得た。今後は、甲種防



第1図 防火ドアの仕様
Fig. 1. Specifications of Fire Doors

火戸開発の意向を示している企業に対して、3年度の基本的な結果をもとに、建設大臣の認定取得、製品化をバックアップする予定である。

また、ドア部材の難燃化、ドア弱点部を補強するための無機発泡材料の組み込み等により、これまでの甲種防火戸に比較し製作コストが大きくかさむことになる。そのため、これまでの鉄製甲種防火戸と競合しない用途開発(高級化)、および遮音性、断熱性を付与すること等が今後の課題となる。

(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

住宅の内装材料は石こうボードが主体となっているが、これに替わる調湿機能をもった木質系の準不燃グレードの内装材料の開発を検討したものである。この材料の開発にはこれまで林産試験場で実施してきた木質セメントボードの製造技術を応用し、木質・セメント混合系の素材により、比重0.8、厚さ9mmの軽量ボードの製造を検討した。

平成3年度ではセメントボードの生産ラインにおいて混合、圧縮試験を行った条件で試験製造したボードの材質試験、燃焼試験を実施した。材質試験では釘性能、ビス保持力、ボードの含水率変化に伴う寸法変化などを測定し、内装材料としての要求性能を満たしているかどうかの判定を行った。

試験の結果、最適製造条件での材質は曲げ強さ90kg f/cm²、内部結合力7.5kg f/cm²、釘とビス保持力とも内装材料に使用できる強度をもっていることが分かった。また、燃焼試験では、木質/セメント比1/2.4のもので準不燃グレードの性能をもたせることが可能であることが分かった。

(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

2.6 新性能付与技術の開発

Development of Technologies for Addition of New Properties

2.6.1 木材の可塑化およびその利用技術の開発

(森林総研委託)

Development of Technologies for Plasticization of Wood by Alkali Treatment and Utilization of the Plasticized Wood

本研究はカンバ、ヤナギ類の利用技術の開発を目的として、農林水産省の大形プロジェクト「新需要創出のための生物機能の開発・利用技術の開発に関する総合研究(新需要創出計画)」の一環として、農林水産省森林総合研究所の委託を受けて、平成3年度から5年度の3か年計画で実施している。

3年度はポプラ・シラカンバを含む道産広葉樹材7種類について、アルカリ処理による可塑化および処理材の物性、変色、漂白、染色などについて検討した。

その結果、アルカリ処理により木材は可塑化され、アルカリとしては水酸化ナトリウムが適当であり、濃度は10～15%が適していた。アルカリ処理材の曲げ加工特性は含水率依存性があり、最適含水率は50%前後であった。アルカリ処理材は乾燥に伴う収縮が非常に大きく、収縮を開始する含水率域も高かった。処理材の乾燥後の曲げ強度はその時点での比重に依存し、乾燥後の曲げ強さ、ヤング率は比重から計算可能であった。アルカリ処理により木材は暗褐色に変色するが漂白剤による処理で淡白色化が可能であった。漂白剤としては過酸化水素が適していた。アルカリ処理材は漂白処理により染料の浸透性が向上し、染色が容易になった。

(平成3年度～平成5年度)

(化学加工科)

2.6.2 木質系吸水材の製造技術の開発

Super Absorbent Materials Prepared from Lignocellulosics

燃料、堆肥など比較的低位な用途に限られている樹皮やのこくずの高度利用、故紙の再利用は、森林資源の活用の観点から極めて重要である。本研究は、木質材料の化学的改質により高吸水性を付与し、吸水材として新たな分野で需要を開拓することを目的とする。

これまで、トドマツ材を酸化またはパルプ化後、リン酸エステル化する二段処理により、吸水能が大きく向上することを見出した。平成3年度は、亜塩素酸塩を用いた前処理およびリン酸エステル化のスケールアップに伴う問題点を把握し、その改良を検討した。また、故紙を利用することにより前処理の簡素化が期待できることから3種類の故紙、および2種類の市販の化学パルプをエステル化し、吸水能の向上を試みた。さらに、化学特性、エステル化物の物性を調べ、吸水材としての用途適性を検討した。

(1) スケールアップに伴う問題点

前処理時間の短縮化、処理量の増加を目的として、亜塩素酸塩処理の回数、反応時間や液比などが収率および脱リグニン率に及ぼす影響を調べた。これまでは、木粉2gに対して、亜塩素酸塩1gを4回繰返し加えて反応させていた。しかし、木粉10gに対して亜塩素酸塩2gを2回繰返し加えて反応させても、高吸水性のエステル化物が得られた。これによって、液比はこれまでの1/5、処理時間は1/2に短縮でき、スケールアップが可能であることがわかった。

一方、30l容のオートクレーブを用いて木粉100gをエステル化し、エステル化のスケールアップに伴う問題点を考察した。本装置の使用により、収率56%、吸水能126ゲルが得られ、スケールアップは十分可能と思われた。なお、エステル化は非水系処理であるため、蒸気を用いて昇温する本装置の場合は、オートクレーブ内を十分乾燥することが必要であった。また、尿素の分解により生じたアンモニアなどの排気の考慮も必要であった。

(2) 故紙の利用

ダンボール故紙、新聞故紙およびこれから脱インクしたものの3種類の故紙は、リン酸エステル化しても吸水能の向上が見られず、ヒドロゲル化しなかった。いずれの故紙もリグニン量が多く、木粉と同様に、吸水能を向上させるための脱リグニン処理が必要であると思われる。

また、市販の針葉樹および広葉樹化学パルプは、エステル化に対する反応性が低く、吸水能の大きな向上は見られなかった。したがって、市販の化学パルプは、ヒドロゲルの原料として適当でないと思われる。

(3) 吸水能に及ぼすエステル化度の影響

ヒドロゲルのエステル化度にはリン酸の添加量が大きく影響した。エステル化度の増加に伴い吸水能は増加し、置換度0.43で最も高い吸水能200倍に達した。それ以上のエステル化度では、架橋構造の形成が認められ、これが形成されることによって吸水能が低下することが明らかとなった。これらの結果から、反応温度150℃、反応時間60分、亜塩素酸塩処理木粉：尿素：リン酸の重量比2：60：1.5が効果的なリン酸化条件であることがわかった。

(4) ヒドロゲルの物性

吸水能100倍を有するエステル化物は曳糸性の低いきらりとしたゲルであり、0.4~0.8の濃度範囲においてカルボキシメチルセルロースよりも非常に高い粘度を持ち、構造粘性を有することがわかった。これは、エステル化物が電解質であることを示すもので、電解質としての利用も可能であることが示唆された。

また、エステル化物の透明度は、市販の高吸水性樹脂やカルボキシメチルセルロースよりもかなり低い17mmであった。木質系吸水材が無色透明または白色であることから、食品などの増量剤や粘度調整剤としての利用も考えられる。

(平成3年度~平成4年度)

(成分利用科)

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

最近、木質フローリングの普及によって床衝撃音による階上騒音が社会問題になっている。本研究は、ゴムチップパネルの緩衝性を生かした遮音パネルの製品開発を目標としたものである。また、ゴムチップパネルは廃タイヤからのゴムチップと建築廃木材からの木チップにより構成され、環境問題を考慮したりサイクルの面からも注目されている研究である。

平成2年度には、ゴムチップパネルのRC床、在来

工法床、2×4工法床に施工した場合の軽量および重量床衝撃音遮断性能を、残響室を有する財団法人建築総合試験所（吹田市）で行った。その結果、ゴムチップパネルのみでは大きな防音効果は認められなかった。

3年度には、防音効果を高めるために各種の床仕上げ材、ゴムチップパネル、緩衝材を組合わせた複合床パネル500体を試作し、林産試験場試験棟のRC床ピットを用いた予備的な軽量床衝撃音遮断性能試験を行った。このうち防音効果の高かった22体について財団法人建築総合試験所での軽量および重量床衝撃音遮断性能試験を行った結果を第1表に示す。軽量床衝撃における遮音等級は $L_L-40\sim55$ （150mm厚RCスラブの場合）、重量床衝撃における遮音等級が $L_H-55\sim60$ （150mm厚RCスラブの場合）という高い防音性能を確認した。しかし、これらの試験体は特殊な緩衝材等を使用しているため、湿度変化にともなう床パネルの狂いや量産化の難しさが今後の課題として残った。

第1表 試作複合床パネルのRC床での床衝撃音遮断性能

Table 1. Classification of impact sound insulation for test specimens on 150mm RC slab

Specimen No.	Composition of test specimens	Thickness of finished floor (mm)	L-value	
			L_L	L_H
1	RC+HN20+RB +FE4 +	7	50	
2	+HN20+RB +FE4 +	6	45	
3	+HN20+RB +FE4 +	8	50	
4	+HN20+RB +FE4 +	11	55	55
5	+HN20+RB +FE4 +	13	45	55
6	+FE4 +SP2+RB +AP3 +	6	40	
7	+HN20+RB +FE4 +	8	40	
8	+HN20+RB +FE4 +	7	45	
9	+FE8 +RB +FE8 +	11	50	60
10	+FE8 +RB +FE8 +	9	55	60
11	+FE8 +RB +FE8 +	12	60	
12	+FE8 +RB +FE8 +	11	50	60
13	+RB +FE4 +	11	50	55
14	+RB +FE4 +	11	50	55
15	+RB +FE4 +	8	45	55
16	+RB +FE4 +	11	45	55
17	+RB +FE4 +	11	45	55
18	+RB +FE4 +	6	55	55
19	+RB +FE4 +HN20	13	50	55
20	+RB +PW6 +	5	55	55
21	+HN20+RB +FE4 +HN20	11	45	55

Footnotes: HN: Honeycomb board SP: Sponge rubber PW: Plywood
 FE: Felt AP: Air packed sheet
 RB: Composite panel with rubber and wood particles

The number indicates a thickness of the material

一方、既存住宅（平成3年度新築住宅）の軽量床衝撃音遮断性能の実態調査を行った結果を第2表に示す。限られた調査例からではあるが、在来工法住宅が $L_L-74\sim78$ 、2×4工法住宅が $L_L-73\sim85$ 、木質系パネル工法住宅が $L_L-66\sim80$ 、軽量鉄骨住宅が $L_L-66\sim75$ であった。この調査結果から、日本建築学会の推奨標準である L_L-55 （戸建住宅の居室の場合）まで木造住宅の床衝撃音遮断性能を高めるためには、ゴムチップパネル単体では無理で、前述の複合床パネルを使う必要が認められた。なお、測定方法はJIS A 1418「建築物の現場における床衝撃音レベルの測定方法」に準拠した。

第2表 新築住宅の軽量床衝撃音レベル測定結果

Table 2. Results for filed measurement of lightweight floor impact sound level

会社名 Builder	工 法 Construction	フローリングの厚さ Thickness of wood flooring (mm)	天井区分 Ceiling	断熱材 Glass wool		L 数 L-value	L数決定 周波数 Frequency (Hz)
				厚 さ Thickness (mm)	密 度 Density (kg/m ³)		
A	Wood-post and beam	12	Suspended	100	(16)	76	(500)
B		12	do.	100	(20)	76	(500)
C		12	do.	100	(16)	75	(500)
D		12	do.	None		76	(500)
E		12	do.	None		78	(500)
F		12	do.	350		77	(500)
F		12	do.	350	(Blowing)	74	(500)
G	Wood-frame	12	Separated	None		74	(500)
H		12	do.	50		82	(500)
I		12	do.	100	(Rock wool)	78	(500)
J		12	Normal	None		85	(500)
K		19	do.	100	(16)	79	(500)
K		19	do.	100	(16)	81	(500)
L		12	Separated	100		73	(500)
L	12	do.	100	(Blowing)	75	(500)	
M	Wood-panel	12	Normal	50	(24)	80	(500)
N		12	Separated	None		69	(500)
O		12	do.	50	(16)	66	(250)
P	Lightweight steel	12	do.	None		75	(1000)
Q		12	do.	100	(16)	66	(500)

(平成2年度～平成3年度)
(成形科, 北海道立工業試験場, サンフロア工業株式会社)

4. 木質材料の使用マニュアルの充実

Perfection of Use-Directory for Wood

Materials

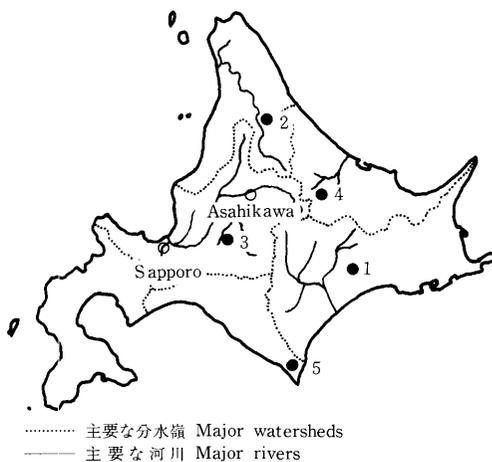
4.1 樹種ごとの材質評価

Evaluation for Wood Qualities by Species

4.1.1 広葉樹の材質に関する研究

Wood Qualities of Mizunara Trees Grown
in Hokkaido

北海道産ナラ材は、産地により材質が変動することが経験的に知られ、材の利用にも影響を及ぼしている。そのような材質変異の実態を把握するため、第1図に



第1図 供試木の産地

Fig. 1. The location of the sites where the materials were collected

第1表 供試木の概要
Table 1. Materials and their localities

図1の中の番号 No in Fig. 1	産地 (所管署) Locality (Forestry office)	供試木記号 Tree code	末口径級 Diameter class at top end of log (cm)	末口年輪数 Annual ring number at top end of log
1	Kami-Urahoro (Ikeda*1)	I-1	50	163
		I-2	42	182
		I-3	34	182
2	Bifuka (Bifuka*1)	B-1	48	150
		B-2	42	263
		B-3	38	141
3	Kami-Ashibetsu (Kami-Ashibetsu*2)	A-1	32	141
		A-2	36	177
		A-3	36	174
4	Maruseppu (Maruseppu*2)	M-1	42	273
		M-2	42	268
		M-3	42	260
5	Horoman (Urakawa*1)	U-1	40	166
		U-2	42	175

注) *1林務署 (道有林) Hokkaido Prefectural District Forestry Office
*2営林署 (国有林) National District Forestry Office

第2表 ミズナラ材の心材率, 辺材年数および辺材幅の産地間比較
Table 2. Heartwood ratio and sap wood features of mizunara logs

産地 Locality	辺材の平均年輪幅 Average annual ring width of sap wood (mm)	辺材の平均年輪数 Average annual ring number in sap wood	心材率 (面積比) Heartwood area ratio (%)
Kami-Urahoro	1.22	24.7	75.6
Bifuka	0.58	27.2	86.7
Kami-Ashibetsu	1.28	22.8	70.0
Maruseppu	0.65	29.3	83.3
Horoman	2.11	20.5	66.2

示す道内5か所からミズナラ材 (第1表) を入手し、心材率、年輪幅、容積密度数、心材色を測定し、産地間比較を行った。これにより、以下の結果を得た。

(1) 心材率

心材率は、辺材部の平均年輪幅が狭いほど高い値を示した (第2表)。

(2) 年輪幅の水平変動

美深産材は初期生長が旺盛だが、樹幹外側の年輪幅は狭くなり、上芦別、浦河産材は初期生長が緩慢で、樹幹外側で良好な生長を示した。池田、丸瀬布産材は年輪幅変動が比較的小さかった。

(3) 容積密度数

容積密度数は、髓付近では年輪幅によらず高い値を示した。浦河産材は樹幹外側の年輪幅が広く、全体としての容積密度数の水平変動が小さかった。上芦別産材も樹幹外側で生長が良好となるが、平均するとやや低い値となっていた。美深、丸瀬布産材は、年輪幅が狭く、容積密度数も低めであった (第3表)。

(4) 心材色

上芦別産材は明度が高く、美深産材は暗い色を示した。上芦別産No.1は、特に白い材色を持っていた。美深産No.2は、心辺材境界付近で低明度、高彩度を示し、

第3表 ミズナラ材の容積密度数と平均年輪幅の産地間比較
Table 3. Bulk density and average annual ring width of mizunara woods

産地 Locality	樹幹全体の平均年輪幅 Average annual ring width from pith to bark (mm)	樹幹外側の平均年輪幅 Average annual ring width outer part of the stem (mm)	樹幹全体の平均容積密度数 Average bulk density from pith to bark (kg/m ³)	樹幹外側の平均容積密度数 Average bulk density outer part of the stem (kg/m ³)
Kami-Urahoro	1.21	1.19	610	584
Bifuka	1.35	0.89	560	522
Kami-Ashibetsu	1.06	1.49	576	568
Maruseppu	0.83	0.70	531	512
Horoman	1.36	2.70	572	588

樹体の衰退の影響が疑われるが、樹齢が近い丸瀬布産材では、高強度、高彩度で安定していた。

(5) まとめ

池田、浦河産材は強度的に優れていることが予想され、美深・丸瀬布産材は加工しやすいと考えられる。上芦別産材は、物理的性質は中庸で、塗装、調色上有利な白い心材色を持つものが含まれていた。

(平成元年度～平成3年度)

(材質科)

4.1.2 カラマツ類の材質評価

Wood Qualities of Larix Species

交雑したカラマツ類の育成の発展に伴い、これらの中でも優良な品種を選抜するための材質評価が求められている。その中でも、グイマツF1(以下F1と呼ぶ)は、樹幹が通直で、生長が良く、樹病に強く、耐鼠性も高いため、次代の造林樹種として期待されている。しかし、同じF1の中でも家系により性質も異なるため、より優れた家系を選抜する必要がある。

平成3年度から北海道立林業試験場の試験林から入手した外見上(生長量、曲がり等)優れているF1の5家系とニホンカラマツ1家系の材質試験を行っている。今回供試した家系は以下のとおりである。

No.	家系	本数	胸高直径 (cm)	樹高 (m)
1	G. 中標津5×L. 上川2	2	21.2	13.9
2	G. 中標津5×L. 十勝35	4	21.4	14.8

3	G. 稚内9×L. 上川2	2	21.2	13.2
4	G. 中標津3×L. 十勝35	2	19.0	14.8
5	G. 中標津3×L. 上川2	3	20.4	14.6
6	L. 日高5×L. open	3	19.9	13.1

注) Gはグイマツ、Lはニホンカラマツを示す。胸高直径、樹高は平均値。Gはすべて千島系、供試木はすべて実生である

3年度はこれら16本について基礎材質試験を行った。試験は素材の品質調査を除き、原則として胸高付近で任意の2方向で行った。結果は以下のとおりである。

(1) 素材の品質調査

各供試木とも1番玉と2番玉(各2m)の幹曲がりについて調べた。その結果、1等はニホンカラマツ、F1とも3割強であり、2等はニホンカラマツでは7割弱でF1では5割強であった。また、3等はF1のみに1割程度含まれていた。ただし、F1の2等材には1等に近いものが多かった。

F1の家系の中ではNo.1, No.2およびNo.3の曲がりは小さかった。

(2) 軟線デンシトメトリー法による年輪解析

ニホンカラマツ3本の平均年輪幅は6.1mmで、F1の13本のそれは6.7mmであった。また、平均晩材率はニホンカラマツでは17.2%で、F1ではNo.3の家系が17.1%であるのを除けば、いずれの家系もニホンカラマツより高く、19.5~22.7%であった。

また、容積密度は家系ごとの平均値では、ニホンカラマツが0.43g/cm³であり、F1は0.44~0.46g/cm³でニホンカラマツよりも若干大きかった。この差は、晩

材率の差異によるものが多いが、早材部や晩材部の容積密度の大きい供試木も4本（家系No. 2, 3, 5, 6に各1本）あった。

(3) 繊維傾斜度

F1の13本の平均繊維傾斜度は5.7%で、これまでに調査した他のF1家系よりも、その値は大きかった。ニホンカラマツ3本のそれは5.4%であった。F1の家系の中では、比較的その値の小さいものはNo.1で、平均で3.5%であった。その母樹であるグイマツの中標津5は繊維傾斜度が小さく、優良であると推察される。

(4) 仮道管長

F1の仮道管長は、家系による差はほとんどなく、14年輪目は4.2mm程度であった。ニホンカラマツは若干その値より長く4.5mmであった。仮道管長の推移から求めた成熟材部への移行時期は、F1ではほとんどが13年で、ニホンカラマツではすべてが14年であった。

(平成3年度～平成4年度)

(材質科)

4.1.3 トドマツ精英樹系統の材質評価

Wood Qualities of Todomatsu Trees from Elite Trees

生長および材質の優れたトドマツ精英樹を選抜するため、道立林業試験場（美瑛市）との共同研究として実施した。

供試材料は、道立林業試験場と厚岸林務署管内に植栽されていたトドマツ精英樹次代検定林（26年生）のものである。それらの林から生長の良い家系（光珠内産15家系、厚岸産10家系）を選び、標準木ないし優勢木をそれぞれ3本ずつ選んだ。なお供試木は、光珠内産材は間伐を主としていたので立木時の曲がりや樹梢部の二又、三又等の欠点を持つものも含まれていた。一方、厚岸産材は欠点のないものを選んだので、このようなものは含まれていなかった。

これらの供試木を用いて各種の材質試験を行い、家系ごとに測定結果を取りまとめた。また、家系が同じで生育地が異なるものについては、両者の材質について比較した。

得られた結果は第1表に示したとおりである。なお、この結果はすべて小試験体による基礎材質試験から得た値である。

針葉樹では、肥大生長と強度性能の間に負の相関があることが知られているが、今回の試験結果では肥大生長の良否よりも個体によるバラツキの方が大きく、これらの関係は明らかではなかった。すなわち、個体によって年輪幅が狭くても容積密度数や強度の値が比較的小さいもの、またこれとは逆に、年輪幅が広いにもかかわらずこれらの値が大きいものがあった。

年輪幅は、光珠内産が3.3～5.8mm、厚岸産が2.5～5.2mmの範囲であった。

容積密度数は光珠内産が259～341kg/m³、厚岸産が254～370kg/m³の範囲であった。

家系が同じで生育地が異なるものについて比べてみると、比重および容積密度数は、厚岸112と114の2家系は光珠内産の方が大きく、厚岸115、岩見沢105、倶知安101の3家系は逆に厚岸産の方が大きかった。浦河5には生育地による差はなかった。

収縮率は、家系および生育地間で差はなく、これまでに報告されている値と比較すると全体的に小さめであった。

強度的性質について「日本の木材」（日本木材加工技術協会編）に示されているトドマツ強度の下限値と比較すると、すべての試験体の強度値が、下限値を超えていた家系は、光珠内産では、厚岸112、同114、同115、岩見沢105、同107、苫小牧105、浦河104、同5の8家系であった。厚岸産では、厚岸110、同112、同114、浦河5の4家系であった。

家系が同じで生育地が異なるものは6家系であったが、生育地によって数値が異なったものは4家系であった。そのうち、強度値の大きいものは、光珠内産では厚岸114と同じ115の2家系、厚岸産では岩見沢105と倶知安101の2家系であった。残りの厚岸112と浦河5の2家系については、生育地による差は認められなかった。

今後は強度的に高い値を示した家系を優先的に育成していく必要がある。また一つの家系の中で特に高い

第1表 トドマツ精英樹系統の材質
Table 1. Wood qualities of elite tree lineage of Todomatsu trees

産地 Locality	家系名 Cultivars	年輪幅 Annual ring width (mm)	気乾比重 Specific gravity based on air dry	容積密度 Bulk density (kg/m ³)	含水率1%当たりの収縮率(%) Shrinkage per 1% of moisture content		圧縮強さ Compressive strength (kgf/cm ²)	曲げ強さ Bending strength (kgf/cm ²)	曲げヤング係数 Modulus of elasticity in static bending (10 ⁹ kgf/cm ²)
					(t)	(r)			
光珠内 Koshunai	厚岸 112	4.7	0.36	291	0.29	0.10	290*	545*	84*
	厚岸 114	4.5	0.38	311	0.30	0.11	334*	601*	88*
	厚岸 115	4.0	0.39	320	0.31	0.12	349*	660*	100*
	岩見沢 102	5.2	0.35	287	0.30	0.10	300*	549	85
	岩見沢 105	4.2	0.37	305	0.30	0.10	317*	576*	91*
	岩見沢 107	4.7	0.37	293	0.27	0.09	306*	574*	88*
	岩見沢事業用	5.0	0.34	285	0.30	0.09	262	484	72
	倶知安 1	4.1	0.35	287	0.27	0.09	284	528	80
	倶知安 101	5.5	0.34	284	0.26	0.08	271	507	78
	苫小牧 105	4.3	0.36	292	0.30	0.11	315*	545*	85*
	北見 109	5.4	0.35	292	0.28	0.09	284	538*	77
	興部 4	4.8	0.38	314	0.31	0.09	301	601*	85
	名寄 6	4.5	0.34	292	0.28	0.08	270	519	72
	浦河 104	4.0	0.39	318	0.31	0.11	327*	566*	93*
浦河 5	5.1	0.36	296	0.28	0.09	304*	551*	87*	
厚岸 Akkeshi	厚岸 110	3.6	0.35	307	0.31	0.10	314*	548*	89*
	厚岸 112	3.8	0.35	279	0.30	0.10	306*	555*	84*
	厚岸 114	4.3	0.36	288	0.29	0.09	303*	565*	81*
	厚岸 115	4.5	0.35	281	0.30	0.10	307*	568*	86
	厚岸事業用	3.1	0.37	296	0.26	0.09	302*	593	79
	岩見沢 105	3.2	0.41	329	0.31	0.11	350*	647*	93
	倶知安 101	3.2	0.40	308	0.28	0.09	324*	641*	88
	浦河 1	4.9	0.35	286	0.29	0.09	295	580	87*
	浦河 5	4.2	0.37	293	0.29	0.10	285*	595*	86*
	浦河 101	5.0	0.37	300	0.29	0.09	290*	589	86

* : 全ての試験体が「日本の木材」(日本木材加工技術協会(1984))のトドマツ材の下限値を超えていた。

* : All values of specimens exceeded lower limit value of Todomatsu wood described in "Japanese wood" (Published by Wood Technological Association of Japan in 1984).

強度値を示した個体の増殖、育成も必要であろう。

(平成3年度)

(材質科)

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

構造用材として用いられる製材においても、ほとんどの場合、等級区分は目視によって行われている。目視等級区分ではあてやくサレのように定量化の困難な欠点を評価しなければならないことや、節径比などの因子から推定される強度のバラツキが大きいことから、設定される許容応力度は低いものとなっており、等級区分も3区分となっている。木材を有効に活用するた

めには高い許容応力度が設定されることや、より細かな等級区分がなされることが要求され、これらを実現するためには高精度で強度を推定できる非破壊検査法(等級区分装置)を導入する必要がある。本研究では等級区分装置の導入先として一般の製材工場を想定した。これにより、対象とする材種は在来工法住宅で用いられる正角材、および平角材となる。また、このような場合には信頼性に加えて、取り扱いが簡単で危険がないこと、安価であることなども要求される。

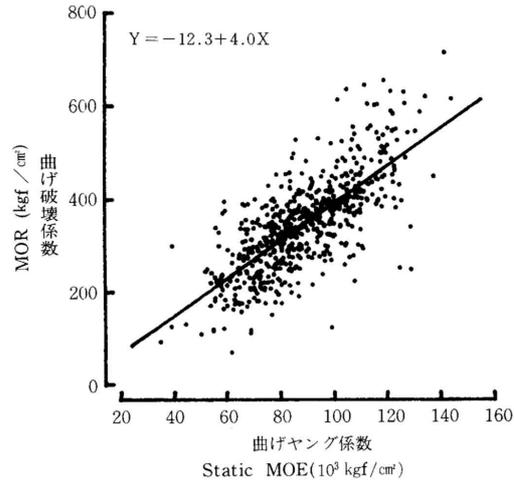
平成元年度には各種非破壊検査法について調査するとともに、打撃音法とAE(アコースティックエミッション)法による非破壊試験、および曲げ破壊試験を行い、その適性について検討した。打撃音法によって測定した動的ヤング係数と曲げ破壊係数との関係を第1図に、曲げヤング係数と曲げ破壊係数との関係を第2図にそれぞれ示した。樹種はエゾマツとトドマツ、

材種は正角材, 平角材, 正割材, サンプル数は565である。動的ヤング係数と曲げ破壊係数との相関係数は0.645で, 曲げヤング係数と曲げ破壊係数との相関係数0.729よりも小さくなっている。これは打撃音法によって得られる動的ヤング係数は圧縮, あるいは引張ヤング係数に相当し, 曲げヤング係数のように材縁部における欠点や材質の影響が中央部における欠点や材質よりも強く現れないことによる。しかし, 動的ヤング係数と曲げ破壊係数との相関は十分に高いといえ, 打撃音法による動的ヤング係数を用いた等級区分は可能である。さらに, 断面の大きな製材に対しても適用できること, 簡便であることなどから等級区分装置に採用する非破壊検査法として打撃音法が適当であると判断された。

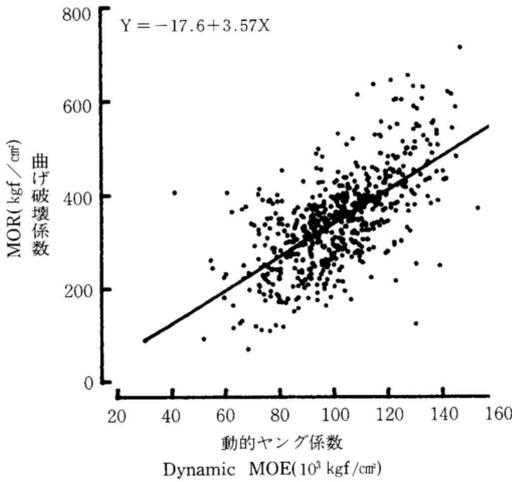
2年度には水分の影響について検討した。繊維飽和点以下においては打撃音法によって得られる動的ヤング係数は曲げヤング係数の約1.1倍であるが, 繊維飽和点を超えると曲げヤング係数は増加しないにもかかわらず, みかけの動的ヤング係数は含水率とともに増加する。第3図にエゾマツ・トドマツ正角材のみかけの動的ヤング係数と曲げヤング係数の比と比重から算出した含水率との関係を示した。みかけの動的ヤング係数と曲げ破壊係数との比が含水率とともに増加する傾

向はみられるもののその変化の割合は小さい。よって, 動的ヤング係数から曲げヤング係数を推定する場合には, 個々の製材についての含水率の測定と含水率補正を省略しても, 実用上問題はない。

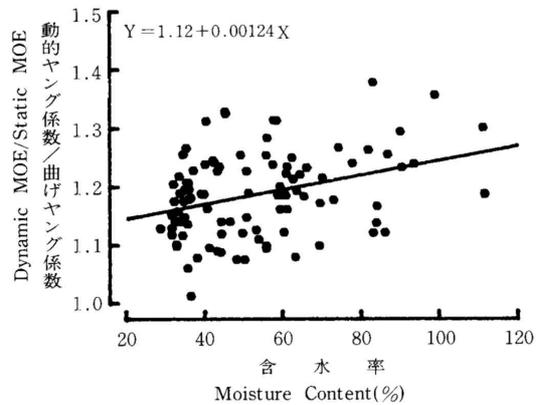
3年度には打撃音法を用いた等級区分装置を一般の製材工場で利用する際に生じる問題点を把握するとともに, 等級区分装置の概念設計を行った。打撃音法はマイクロホンによって打撃音を収集するため, 周囲の騒音の影響を受ける短所を持つが, 打撃音収集部を箱の中におくことによって騒音を低減できる。また, ト



第2図 曲げヤング係数と曲げ破壊係数との関係
Fig. 2. Relationship between static MOE and MOR



第1図 動的ヤング係数と曲げ破壊係数との関係
Fig. 1. Relationship between dynamic MOE and MOR



第3図 含水率と動的ヤング係数の曲げヤング係数に対する比との関係
Fig. 3. Relationship between moisture content and dynamic MOE /static MOE

ラブルを低減するためには装置の単純化，測定の簡略化を行う必要がある。断面寸法については，その変動は小さく，測定を省略して規定寸法を用いても大きな誤差は生じない。しかし，重量の変動は大きく，測定は不可欠である。

(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 Particleboards

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。林産試験場では耐水性を付与するため，新しい化学処理(MG処理)法によるパーティクルボードの開発を行っている。そこで，建築用部材としてのMG処理パーティクルボードの性能を把握するため，小試験片による基礎材質試験を行った。試験項目は次のとおりである。

- (1) 比重，含水率試験
- (2) 吸水厚さ膨張率試験
- (3) 曲げ試験
- (4) 常態はくり試験
- (5) 釘接合せん断試験
- (6) 釘側面抵抗試験
- (7) 釘頭貫通力試験

試験の結果，比重の平均値は0.66，含水率の平均値は7.9%（気乾状態），とくに比重について試験体間でばらつきが大きかった。各強度性能値はJIS規格の200タイプを満足していた。吸水厚さ膨張率は，浸水後24時間で7.2%，その後も浸水を続けた結果，膨張率8%で平衡状態に達したことから，耐水性を要求される外壁，水回り等の下地においても使用が可能であることが確認できた。各試験結果の平均値を第1表に示す。

平成4年度は，壁，床下地材等の使用部位を想定した実大パネルの強度について検討する。

第1表 MG処理パーティクルボードの機械的性質
Table 1. Mechanical properties of MG-treated particleboard

曲げ強さ	
Bending strength	(kgf/cm ²)
常 態	258
in air dry	
湿潤状態	
in soaked condition	173
はくり強さ	
Tensile strength	
perpendicular to surface	4.2
釘接合せん断力	
Lateral resistance	
of nailed joint	128.4
釘側面抵抗力	
Resistance of nails	(kgf)
to lateral movement	
常 態	
in air dry	239
96h. 40°C, 95% R. H.	152
96h. in water	144
釘頭貫通力	
Resistance of nail-head	(kgf)
to direct withdrawal	
常 態	
in air dry	146
96h. 40°C, 95% R. H.	99
96h. in water	91

(平成2年度～平成4年度)
(材料性能科)

4.2.3 外構部材への木材防腐剤の適用

Application of Wood Preservatives to Timber for External Use

(平成2年度～平成4年度)
(耐久性能科)

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

II 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 Technologies

1.1 切削技術の改善・開発

Improvement and Development of Cutting
Technologies

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 Softwood Lumber

本テーマは昭和63～平成3年度の4年間にわたり、林野庁からの補助を受け、全国規模で実施された大型プロジェクト研究である。

研究の目的は建築関連部材の品質向上、道産針葉樹の需要拡大を図ることにあり、構造材の乾燥技術、高付加価値化技術等の高度化を目指した。

元年度までは、心持ち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た。また、小径丸太乾燥についても検討した。

2年度は、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、また丸太乾燥技術の検討を行った。さらに、製材品の流過程を通しての、含水率・寸法変化の調査を実施した。調査場所は製材工場2か所、製品市場1か所、建築現場3か所であった。

3年度は本プロジェクト研究の最終年度として、経時的含水率・寸法変化に関する取りまとめ、風速変換

熱交換技術による省エネルギー乾燥法に関する取りまとめなど、4年間の総まとめ作業が主体であった。なお、心持ち柱材の適正乾燥スケジュールの検討、特殊乾燥法（省エネ乾燥）の検討、経時的含水率・寸法変化の調査・分析の3テーマについては、全国共通のテーマとして集計が行われる予定である。当初の計画に従い、各々の取りまとめ担当県へこれらのデータを送付した。

試験研究成果の要約

(1) 経時的含水率・寸法変化に関する取りまとめ

製材工場、製品市場、建築現場の各段階で、含水率（高周波容量式水分計による）・寸法変化を調査した結果、以下のことが得られた。

調査の対象材は乾燥材表示（業界の自主基準）のあるエゾマツの正角材、平割、平角材である。

ある製材工場における正角材の含水率分布は測定本数40本（人工乾燥後5日～1か月経過）で、平均含水率21.5%、標準偏差1.84であった。また別の製材工場でも同様な含水率分布の傾向であった。

製品市場における含水率分布は、製材工場で調査した製材と同一のものではないが、平均含水率18.0%、標準偏差2.38となり、製材工場と比較すると平均含水率は低く、分布のバラツキは広がっていた。

建築現場A棟における柱材の棟上げから内装直前までの含水率変化は、35日間（夏期）経過後、平均5.5%の減少となり、内装直前における含水率はほぼ12～15%となった。またB棟では9日間の経過（夏期）で、平均1.7%の含水率減少となり、施工期間の長短によって含水率の変化に差が見られた。これらのことから、建築用構造材には含水率を約15%まで落とした乾燥材の使用が不可欠であると改めて認識できた。

また、各流通段階での含水率の変化をおおざっぱにみても、製材工場出荷時の含水率が20%以上の乾燥材の割合は全体の約8割を占めていたが、製品市場

では約2割に減少した。また建築現場においては含水率18%以下の柱材が棟上げ時で6割、内装直前で8割に増加した。

寸法調査によると、各製材工場によって柱材の場合では仕上がり寸法に差がみられ、例えば表示寸法より平均で1mm程度の小さいものや、0.5mm程度大きめに仕上がっているものなど工場別でまちまちであった。したがって、この表示寸法士の傾向は出荷後製品市場へ入荷された時点まで維持され、製品市場における柱材の断面寸法は、表示寸法105mmに対し±1mmの範囲に約6割が入っていた。これが最終的には建築現場の内装直前で表示寸法のほぼ-3~-4.5mmとなり、今回の建築現場の調査場所（内装直前）では表示寸法±1.5mmを満足する柱材はなかった。これらはすべて、含水率・寸法規定が明確化された新しい針葉樹製材品のJAS規格が施行（平成3年7月）される以前に調査した結果であり、今後の関連業界の取り組みが注目されるところである。

(2) 風量変換による省電力効果

製材を熱気乾燥装置を用い乾燥させる際に、乾燥経過に応じ送風機の使用動力をインバータ装置（周波数変換機）である程度削減することにより、省電力化を図ることを目的とした。

使用した乾燥装置は側部送風機型の収容材積約2.5m³の大きさのもので、送風機は定格出力3.7kW（50Hz）のもの1基である。

材間風速は温度・湿度の次に乾燥速度に影響を与えらるるといわれており、風速変換のスケジュールパターンは、装置特性、樹種、材種、含水率、乾燥スケジュール等の組み合わせで適正条件が異なると考えられる。風量変換の目的としては、乾燥速度を変えずに省エネルギー化にポイントを置いて条件を設定するか、乾燥による割れ抑止効果を期待して設定するか、など風量変換による乾燥目的を二つの方向から考えることができる。そこで今回は前者の省エネルギー化、すなわち消費電力量の削減の可能性について検討した。

乾燥スケジュールは、中温（60～80℃）と比較的高温（80～90℃）の二つの条件を用い、含水率測定用サ

ンプル材に風速を0.9、1.7、2.6m/sの3条件与え、乾燥速度と消費電力量の比較検討を行った。供試材はエゾマツ・トドマツ正角材を用いた。

その結果、乾燥初期（生材～約45%）は高風速条件（2.6m/s）で乾燥速度は大きく風速条件による差も大きい。それ以降の含水率段階に入れば風速条件間の差は小さくなる傾向となり、特に1.7m/sと2.6m/sとの有意差は認められなくなる。これらは中・高温の乾燥スケジュールとも同様の傾向となった。

そこで従来と比較して乾燥速度を低下させないような風速変換スケジュールを大胆に仮定すれば、省電力効果は次のとおりである。

生材から含水率40%までを材間風速2.6m/s、含水率40～25%までを1.7m/s、含水率25%以下で約1m/sとすると、消費電力量は各含水率段階での乾燥時間に多少影響されるが、おおよそ50%減少となる。ただし、乾燥装置の材間風速をサンプル材位置としているため、乾燥装置内で風速のバラツキが大きい場合には、乾燥むらに十分配慮して風速値を設定する必要があると思われる。

(3) 排熱の熱交換による省エネルギー化

熱気乾燥装置内の湿度調整のために設けられているダンパーを介して排出される排気熱を熱交換器によって再利用し、蒸気消費量の削減を図る目的で試験を実施した。

熱交換器はアルミニウム製フィン付きパイプにフロンR-11が封入されているヒートパイプ24本を組み込んだもので、吸気・排気が強制的にファンによって制御できる仕組みとした。供試材はエゾマツ・トドマツの建築用正角材で、中温・高温乾燥スケジュールにより、含水率20%以下まで乾燥させた。使用蒸気量の計測はスチームメータを用い行った。

その結果、熱交換器付設と熱交換器無しの従来条件の蒸気流量を比較したところ、中温乾燥で43%、高温乾燥で15%の蒸気節減量が得られた。よって、本熱交換器利用による省エネルギー効果は十分に認められ、本法は有効である。ヒートパイプに与える通過風量は、約4.5m³/min程度が熱交換効率をある一定水準以上を

維持する上で効果的であり、この場合、強制吸排気ファンなしでも乾燥室内部循環ファンの自然吸排気方式による風圧によってまかなえると考えられる。

乾燥コストの節約効果をおおむね推定すれば次のとおりである。総コストに占める直接経費の割合を40%と仮定し、消費蒸気量が20%節減できた場合、単純計算から総乾燥コストの8% ($40 \times 20 / 100$) が節約可能となる。

今回の試験では、装置規模が小さく熱交換器を1基取り付けただけのため、実用装置(50石タイプ)での熱交換効率、乾燥コスト削減効果等を今後検討し、普及を図ってゆく必要があると考える。

(昭和63年度～平成3年度)

(乾燥科)

1.4 注入技術の改善・開発

Improvement and Development of Impregnating Technologies

1.4.1 外構部材に用いる道産材の防腐処理技術の改善

Improvement of Preservative-Treatability of Domestic Softwood Grown in Hokkaido for External Use

(1) 研究着手の経過

平成2年5月、東京のいくつかの公園で防腐処理した木製遊具の腐朽が問題となった。日本木材保存協会を契機に「薬剤処理外構部材製造基準検討委員会」を設置し、2年8月から12月にかけて検討を重ねてきた。これまでの薬剤処理木材の製造基準をもとに新たに「薬剤処理木質外構部材の製造基準」を作成した。これは屋外で使用される木質屋外製品(外構部材)の需要を拡大するには、品質性能の保証された製品を供給していくことが重要であるという観点から、林野庁の指導のもとに作成したものである。林野庁ではこの基準が防腐・防蟻処理材の製造に有用であることから3年3月、林産課長名で都道府県に通知したところである。

この製造基準を北海道に当てはめると道南スギ

については現状の技術で対応はできるものの、カラマツ、エゾマツ、トドマツについては新たな防腐処理技術の開発が急がれるとの結論に達し、2年12月林産試験場内に「道産材防腐処理技術検討会」を設置することになった。この検討会のなかで、木材の注入性を向上させると考えられるいくつかの技術的手法が提案された。これらの手法を実験的に確認すべく、3年2月、場内的に合意を得て、これを3～4年度のプロジェクト研究として着手することにした。

(2) 技術開発の目標

浸潤度(材表面からの薬剤の浸透深さ)としてはカラマツ心材の製材および丸太で8mm以上とする。エゾマツとトドマツについては製材の材厚により異なり、50mm以下のもので8mm以上、50～75mmのもので12mm以上、75mmを超えるもので16mm以上とする。また丸太で24mm以上を確保する。薬剤の吸収量としてはいずれもCCAとして6kg/m³以上を確保する。

3年度においてはカラマツを対象とする技術的検討を行った。

(3) 注入性向上に関する手法および実験結果

径級24～32cm、長さ4mの美瑛産人工林カラマツから10.5cmの心持ち正角材を製材し、下記の実験に供した。なお、CCAの加圧注入条件は前排気730mmHg・30分、加圧15kgf/cm²・4時間、後排気730mmHg・30分である。

① 蒸煮処理

1本の角材から1.25mに3本を切断し、2本を蒸煮処理にむけ、1本をコントロールとした。同一の処理条件について10本の角材を内容積767l、最高使用圧力20kgfG/cm²のオートクレーブ中に封入した。150℃(3.9kgfG/cm²)および160℃(5.3kgfG/cm²)で50、100、150分、さらに170℃(7.1kgfG/cm²)で30、50、70分の処理を行った。さらに鉦型の刃を用いて深さ8mm、6600個/m²のインサイジング加工を行った後、170℃で50分の蒸煮処理を行った。これらについて曲げ・孔隙性・CCA加圧注入試験および組織観察を行った。次の結果が得られた。

曲げ強さ残存率の低下をみると、処理条件が過酷な

ほど大きくなる傾向が認められる。

カルロ・エルバ社製の水銀圧入式ポロシメータ220型を用い、表面から深さ8mmの範囲で測定した平均細孔半径をみると、温度の効果は明りょうでないが100分処理のもので、無処理に比べ50～60%程度増加する。

浸潤度についてはインサイジング加工をしたものを除き、そのバラツキが大きいため処理条件の間に有意な差が認められない。平均値では基準を満たしても、その範囲の最小値が基準を満たさないため、実用的にはCCAに対する注入性向上の前処理としては使えない。ただし、インサイジング加工をして蒸煮処理した条件は基準に適合する。なお、この条件の曲げ強さ残存率は54%である。

走査型電子顕微鏡を用いて、表面から深さ10～20mmの位置で採取した試片について観察したところ、処理条件の全てにおいて、注入性を阻害するとされている有縁壁孔の閉鎖の破壊が認められる。壁孔閉鎖の状態が一樣でないことから、同一の蒸煮条件でも、壁孔の壊れ方に相違がみられる。蒸煮処理の緩い条件では、その効果が材中心部までおよばず、壁孔閉鎖の破壊が認められない。

② 拡散法

CCA処理廃材による環境汚染が問題にされてきている。そのため一方で環境汚染に影響の少ない薬剤の開発が進められてきている。ホウ酸は古くからこの目的に合致しながらも、薬剤濃度が低いため浸潤度に限界があること、また薬剤の溶脱防止技術が確立されていないことから防腐効力の持続性が保証されず、実用レベルでの使用が見送られている。

最近(株)旭硝子がトリエタノールアミンを溶媒とする高濃度ホウ酸溶液を開発した。この薬剤を拡散法に適用した場合、拡散時間の短縮と浸潤度の増加が期待されるため、この薬剤を供試することにした。

木材含水率25%および40～60%の長さ50cmの角材に高濃度ホウ酸溶液(H_3BO_3 として40%)を厚く塗布し、20および28℃の環境に2、4、8週間放置した後の浸潤度を測定した。その結果含水率40～60%、20℃・8週間または28℃・4週間の条件で基準を満たす浸潤度

が得られた。

今後の課題としては、防腐効力に適正な薬剤吸収量を設定すること、ホウ酸の溶脱防止技術を開発すること、さらに外構部材の防腐剤としてホウ酸を認証させることなどがあげられる。

③ 針式またはドリル式によるインサイジング

従来のローラー式による銼型の刃を用いて深さ8mm、6600個/㎡のインサイジングによればカラマツの場合、得られる浸潤度は2mmが限度である。

ローラー式の改良によるインサイジング密度のこれ以上の増加は無理と判断し、針またはドリルによるインサイジングを検討することにした。

針については生材に直径1.70、2.15、2.45mmのN釘を用い、ドリルについては乾燥材に直径1.5、2.0、2.5mmの刃物を用い、それぞれ深さ5、10、15、20mmの穴あけを行った。

その後CCAを加圧注入し、穴あけ深さの位置における繊維方向とそれに直交する方向の薬剤の浸透範囲を測定した。

その結果によると、薬剤の浸透範囲に関してはバラツキが大きく、釘やドリル刃の直径と穴あけ深さが有意な傾向を示していない。全てのデータを丸めて穴あけの密度を求めたところ、針式では約4300個/㎡、ドリル式では約5000個/㎡必要なことが計算された。

なお、この方式による刺傷密度が銼型のものより小さくなる原因を明らかにするために、同一材料を用いて従来の方法と比較検討を行うことにしている。

ドリル式についてはこの条件による実用機の設計は不可能と判断し、その後の実験を中止した。

針式については基準を満たす穴あけパターンを決定し、それに基づいて生材に直径2.45mmのN釘を深さ15mmまでの打ち込んだ。これに対するCCAの加圧注入試験によれば、基準をクリアする浸潤度と薬剤吸収量が得られた。また曲げ強さ残存率は86%で、実用に耐え得るものと判断される。

生材に対する直径2.45mmの釘の圧入力は40～70kgfで引抜力はその半分である。これに基づく機械装置の価格試算によるとバッチ式で700万円、連続式で300万

円程度となる。

実用的には連続式が望ましい。針が回転して木材に圧入する際、垂直分力のみが作用し、針の曲がり防止する機構を考案し、試作機でその有効性を確認している。平成4年度において実用機の製作を行う。

④ 溝切り方式

木口からの注入性の良いことは一般的に知られている。10.5cm角材に繊維を横切る60mm間隔で、深さ15mmの溝切りを行い、CCAの加圧注入試験を行った。溝切り深さの全面をととして薬剤の浸透が認められた。

しかし、曲げ強さ残存率は32%で、強度低下は大きい。

カラマツについては溝切り深さは8mmでよく、曲げ強さ残存率の計算予測値は60%となる。

エゾマツ・トドマツについては板厚によって浸潤度を8~16mmと規定しているため、強度低下がカラマツよりも大きくなり実用化は無理と考えられる。したがって4年度においてはこの方式の試験を中止する。

ただ、木口注入に関する有効最大長さを求めておく必要がある。それは注入性評価の基礎データでもあり、実用的には注入処理後において集成化を行う場合のラミナ長さの決定基準となるからである。

⑤ レーザインサイジング

最近、レーザー光線による穴あけ加工を注入性向上に役立てようとする基礎的研究が進められている。装置価格が高いこと、多数の穴あけを同時に行うことは不可能なことから、レーザーインサイジングの実用化は现阶段では無理がある。ここでは、レーザーによる穴あけが釘やドリル刃に比べてどのような特性をもつのかを確認するための若干の予備的な試験を行った。

三菱レーザー加工機20102H2(出力1.2kW)を用い、穴あけ深さの目標値を20mmとすることを前提にした。レーザーの照射条件として焦点はずし距離(mm)：-10.5, -13.0, -15.5, 平均出力(W)：60, 70, 80, 照射時間(sec)：0.5, 0.6, 0.7の組み合わせで穴あけを行った。

その後、CCAの加圧注入試験を行い、穴の深さ各位置での繊維方向とそれに直交する方向における薬剤の浸透範囲を観察した。

穴あけ深さは18~27mmの範囲で認められ、焦点はず

し距離が大きくなると、穴の深さが浅くなり、穴の直径が大きくなる傾向がみられる。

深さ11mmの位置における薬剤の浸透範囲をみると、試験体間のバラツキが大きく、レーザーの照射条件による有意な差を認めることはできない。また、浸透範囲の挙動をみても釘やドリル刃のそれに比べて特に優位性のあるデータとはなっていない。

⑥ 穴あき中空材と背割り材における注入性

米国のメイン州立大学のB.S.Goodellはスプルース等の難注入材の角材を中空材として加圧注入することにより、材の表面と内部から薬剤が浸透し、注入性向上に効果があると報告している。また心持ち角材の髓に達する背割りを入れることにより加圧注入における浸透面積が増加し注入性が改善されるとしている。

10.5cm心持ち角の1m材の木口中心部に材長を貫通する直径6cmと7cmの穴をあけた中空材を用意した。前者については最小肉厚2.25cm、後者については1.75cmとなる。また、同様の材に対して、その一面中央に髓に達する幅2mmの背割りを入れた試験体を作成した。

それぞれにCCAを加圧注入したところ薬剤の浸潤度は薬剤が接触した面に対し、たかだか0.5~1mm程度であり、特別な効果は認められていない。

したがって、本テーマの技術開発目標からみれば、この手法はほとんど効果のないものといえる。

(平成3年度~平成4年度)

(耐久性能科, 材質科, 物性利用科, 加工科, 機械科)

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 木製窓の耐久性を向上する表面処理法の開発 (共研)

Development of Weathering High Resistance Treatment of Exterior Wooden Window

近年、木材の質感が理解されるようになり、種々の用途に木質材料が用いられるようになった。木製窓枠もその一つである。しかし、外装用木製窓枠の使用条件は内装用部材とは異なり苛酷である。そのメンテナンス間隔は2～3年といわれており、他の素材の窓枠に比べて短い。メンテナンス期間の長期化は、窓枠への木材需要拡大につながる。本試験は、こうした現状をふまえ、長期耐久性を付与する表面処理技術の開発を目的にした。

供試材として、雑カバ、カラマツの二樹種を用いた。塗装条件は、平成2年度の試験結果をもとに下塗り、中塗り塗料としてポリブタジエン系塗料を、上塗り塗料としてフッ素樹脂塗料を用いた。また、基材処理として防腐処理を施した場合の影響を検討した。使用防腐剤は、ホキシム・NCH-AI系とピレスロイド・ジクロフルアニド系の2種である。塗膜性能の評価は、紫外線ウェザーメータを用いた劣化促進試験による塗膜表面の変化に基づいて行った。塗膜劣化の評価は、目視観察、塗膜付着力、塗膜硬度、色差、光沢度の項目について行った。

得られた結果の概略は、以下のとおりである。

- (1) 上塗り塗料としてフッ素樹脂塗料を用いた場合、塗膜の耐久性が向上した。この条件の処理材では、10年相当の劣化促進試験後塗膜割れなどの損傷のない健全な試片の割合は、カラマツ100%、カバ50%であった。
- (2) 促進劣化試験による色差、光沢度の変化は、従来の塗装処理と同程度であった。
- (3) 防腐処理の影響は、処理後の乾燥を十分行えば塗装障害（下塗り）は生じなかった。しかし、乾燥しにくいホキシム・NCH-AI系の場合、72時間の乾燥時間を要し、作業性に若干問題があった。

塗膜付着力は、いずれの条件もJAS規格(B試験)を満たした。しかし、ピレスロイド・ジクロフルアニド系防腐剤の使用は、塗膜付着性能を低下する傾向がみられた。

(平成3年度)

(接着塗装科、旭硝子株式会社北海道建材研究所)

1.6.2 外装用集成材の透明塗装技術

Development of Transparent Finishing for Laminated Timber

大径木の減少に伴い、集成材の用途は外構部材や木製窓枠等多方面に広がっている。しかし、塗装方法は保護着色材を用いるために木材特有の生地を十分生かしているとは言い難い。このためには、透明塗装が有効である。しかし、塗膜を形成する塗料は集成材のような基材では耐久性能が素材に比べて著しく低い。本試験は木材の生地を生かした透明塗装技術を開発し、その耐用年数を把握しメンテナンス技術を確認することを目的にした。

平成3年度は、予備実験として表面処理の効果を素材を用いて評価した。塗装条件は、下塗り、中塗りとしてポリブタジエン系と変性ポリウレタン系塗料の2種、上塗りとしてフッ素樹脂系、ポリブタジエン系、変性ポリウレタン系の3種の塗料を用い、これらを組み合わせ設定した。防腐剤として、ピリダフェンチオン系、ホキシム・NCH-AI系、ホキシム・オクタクロジプロピルエーテル系防腐剤の3種を用いた。試験項目は、はっ水性付与処理の効果、紫外線吸収剤添加の効果、下地処理としての防腐処理の塗装への影響の3項目について行った。結果の概略は以下のとおりである。

- (1) 塩基性酢酸アルミニウム、塩化アルミニウムの各3%溶液を塗布後加熱処理を行うことでははっ水性が付与された。
- (2) キセノンフェードメータによる促進劣化試験(100時間)では、各種条件間の有意差は認められなかった。
- (3) 防腐処理の塗膜硬化への影響は、防腐剤の種類、塗装条件で幾分異なったが、乾燥が十分であれば硬化に障害は発生しなかった。

(平成3年度～平成10年度)

(接着塗装科)

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

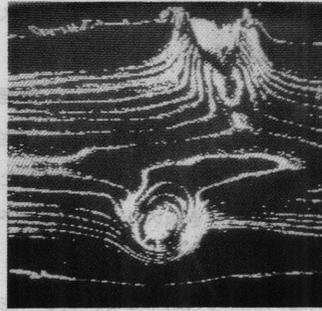
2.1.1 製材の欠点認識に関する研究

Recognition of Defects of Sawn Timber

これまで林産試験場では製材工程における省力化を目標に、自動小割り指示装置の試作開発を行ってきた。本装置は構造用材を採材する耳付き材の形状と画像処理により節の位置と大きさを測定し、得られる製品の価値歩留まりを最大にする木取りを計算するというものである。対象とした樹種はエゾマツ、トドマツで、欠点の認識は表面の色の濃淡の差を用いて行っている。このためカラマツなど辺材と心材の色に違いがある樹種には向かなかった。そこで応用範囲を広げるため、心材と辺材の色に違いのあるカラマツ、広葉樹としてミズナラ、ヤチダモについても欠点の認識方法を検討した。

画像処理方法はこれまでと同様に画素の明暗ヒストグラムを作成し、これに基づきしきい値を決定する方法とした。この際、今回用いた樹種は心材と辺材の色が違うことにより、背景と木材、心材と辺材、心材の健全部と欠点の分離のためしきい値を3回求めなければならないことが分かった。この方法で処理を行った結果、カラマツの場合、晩材の色が濃く欠点と共に年輪が残ることとなった(第1図)。ミズナラ、ヤチダモなど環孔材では孔圏部の道管が影を作り欠点のほかこの影を認識する場合が起こった。次に、これらの欠点以外のデータを取り除く方法として画像の収縮と膨張の利用を検討した。画像の収縮を用いることで画像のX方向またはY方向の成分が小さい部分は除去される。したがって年輪などの細長いものは消去されることになる。この際そのほかの成分も全体的に小さくなるため、再び膨張させることが必要となる。

この結果、カラマツの場合、板目面で晩材部が幅広く現れているところや節の存在により年輪がせめづれ斜め方向に向いている部分は1回の収縮では除去できなかった。しかし、収縮回数を増やすと節も消去してしまうことになる。このように、カラマツは画像の濃淡による欠点の認識は難しい。ミズナラ、ヤチダモ



第1図 カラマツの画像処理結果

Fig. 1 The result of the image processing of Karamatsu (Japanese Larch) board

は本方式で欠点の認識が可能となった。

平成3年度) 製材用

2.2 乾燥工程の合理化

Rationalization of Drying Process

2.2.1 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 Wood from Low Quality Hardwood Logs

造作用集成材業界をとりまく環境は、ここ数年で、ゴムの木などの急増する海外製品の流入、産地国企業との提携や合弁会社の設立、国内企業の海外進出など、大きな変化が生じている。このような厳しい状況の下、道内の造作用集成材業界においては、製造工程の省力化と、道産広葉樹資源の低利用材の活用が今後の課題となっている。

そこで、本研究では、これまでの良質大径材を原材料とした造作用集成材の製造工程ラインとは別に、低

質・小径材を効率的に利用できる新しいシステムを開発することを目的としている。

平成3年度は、これまでの研究成果を整理し、一連の製造試験によって、今回開発した新しい生産システムと現行のものとの相違点について検討した。また、2年度に開発した「ひき板の仕上がり厚さ予測装置」の性能試験を行った。

一連の製造試験から判断すると、新しい生産システムの優位性としては、材積歩留まりの約10～15%の増加、集成接着の作業時間の短縮による生産性の向上があげられる。また、パルプ材のような小径・低質材を原材料とした場合の製造工程上の最大のネックは、いずれの生産システムにかかわらず、欠点除去作業であった。今回の製造試験では、ナラ類のパルプ材を原材料としたときの欠点除去工程の材積歩留まりは50.7%であり、現在の集成材工場における同工程の値（約90%）よりもかなり低かった。この歩留まりの低減は、月産150m³の集成材工場を想定して試算し、欠点除去のためのカット数で2.7倍、カット時間数で約13時間の増加になった。

ひき板の仕上がり厚さ予測装置の性能については、一連の製造試験の中で検討したところ、ほぼ仕様どおりであった。

(平成元年度～平成3年度)

(加工科, 機械科, 製材科, 成形科)

2.4 合板製造工程の合理化

Rationalization of Manufacturing Process for Plywood

2.4.1 針葉樹単板の道材合板心板への適用

Utilization of Softwood Veneer for Core of Domestic Hardwood Plywood

道材合板の心板には南洋材が使用されているが、資源の枯渇、環境保護の問題等から近い将来には入手が困難になることが予想される。そこで、南洋材に替わる代替材が求められている。針葉樹材は植林による更新が可能で、有力な代替材候補の一つである。

しかし、針葉樹単板は節、目ボレなどが多く、道材合板の心板として使用すると、これらの欠点が合板の表面に現れる、いわゆる「コア写り」を生じる。

平成2年度はこの「コア写り」を減少させる方法について検討した。その結果、表板と心板の接着層に不織布を挿入する方法、あるいは粘度の高い接着剤を使用する方法によってある程度減少することができた。

3年度はトドマツ、カラマツ材から切削した単板を、第1表に示すようなクリップでの裁断基準からA, B, Cの3等級に分類し、等級と生単板歩留まりを測定した。また、各等級の単板を心材にした実大サイズのシナ合板(5.5mm×91.5cm×182.5cm)を、粘度の高い接着剤で製造して狂い、コア写り、表面割れ、ヤニのしみだしを測定した。

その結果は以下のとおりであった。

- (1) 生単板歩留まりは第2表のとおりであった。
- (2) 合板の狂いは、ラワン心板の合板に比べ、C等級の心板を使用した合板ではやや大きかったが、A, B等級の心板を使用した合板では差はなかった。
- (3) コア写りは、節についてはトドマツのC等級の心板を使用した合板でやや大きかったが、その他の心板

第1表 単板の等級とクリップでの裁断基準

Table 1 Veneer grade and cut-out defects on Clipping

単板等級 Veneer grade	抜 け 節 Knot hole	生 節, 死 節 Live knot, Dead knot	入り皮, ヤニツボ Bark pocket, Pitch pocket	割 れ Split
A	11mm以上裁断 Cut out over 11mm	21mm以上裁断 Cut out over 21mm	11mm以上裁断 Cut out over 11mm	6mm以上裁断 Cut out over 6mm
B	16mm "	26mm " (トドマツ36mm)	21mm "	11mm "
C	21mm "	51mm "	31mm "	11mm "

第2表 生単板歩留まり
Table 2 Yield of green veneer 単位: %

単板等級	A	B	C	供試原木の平均径 Average diameter of peeler logs
Veneer grade トドマツ Todomatsu	54.4	64.0	68.2	32.0cm
カラマツ Japanese Larch	54.4	58.0	61.4	28.3cm

ではほとんど生じなかった。

しかし、トドマツ、カラマツの各等級の心板とも、等級に関係なく年輪の凹凸が表面に現れ、表面の平滑性からみるとラワンを心板とした合板に比べかなり劣ることが判明した。

(4) 表面割れ、ヤニのしみ出しは皆無ではないがごくわずかで、実用上問題となるものではなかった。

(平成2年度～平成3年度)

(合板科)

2.4.2 乾式接着方法による薄物道材合板の製造技術

Production of Thin Plywood with Film

Glue made of Urea-Formaldehyde Resin

ユリア樹脂接着剤を用いて非常に薄い(厚さ1.5～2mm)道材合板が製造されているが、ロールプレッドを使用して接着剤を塗布する通常の湿式接着法では、接着剤塗布が難しく能率が悪い。これをフィルム状接着剤で製造することができれば塗布作業が不要となり、きわめて容易に薄物合板が製造できる。そこでユリア樹脂接着フィルムの製造方法の開発と、これを用いた薄物道材合板を製造する方法について検討した。

ユリア樹脂接着フィルムを製造する方法は、液状の接着剤を基材に含浸させ、これを乾燥してフィルム状にする。この時硬化が進むと接着剤としての機能が失われるため、乾燥時には硬化しないが熱圧時に硬化が急速に進む潜伏性硬化剤を使用する必要がある。また、製造後室温で保存しても硬化は徐々に進むため、できるだけ長い期間良好な接着性能を保持していることが望ましい。

平成3年度は、ユリア樹脂接着フィルムを製造する時の適切な基材と潜伏性硬化剤の選択と乾燥条件の確

立および、フィルム製造後の保存期間と熱圧時間が合板の接着性能に与える影響について検討した。なお、接着性能は普通合板のJAS 2類の性能を有することを目標とした。

試験結果は以下のとおりであった。

- (1) フィルムの基材は和紙、クラフト紙、不織布の3種類について検討したが、不織布が適当であった。和紙、クラフト紙は乾燥すると柔軟性に欠けた。
- (2) 潜伏性硬化剤はスルファミン酸、あるいはイミドジスルホン酸を主成分とする硬化剤が適していた。
- (3) 乾燥条件は70℃-20分が適当であった。
- (4) フィルム接着剤で製造した合板の接着性能に与える熱圧時間と保存期間の影響は、硬化剤の添加量と関係する。すなわち、添加量を多くすると(2.0%以上)熱圧時間は短くてよいが(30秒/mm)、1週間程度で接着性能が低下する。

一方、添加量が少ないと(1.5%以下)熱圧時間を長く(45秒/mm)しないと2類の性能が得られないが、2週間後も接着性能は良好であった。

(平成3年度～平成4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

2.6 加工工程の合理化

Rationalization of Processing

2.6.1 割箸製造工程の自動化技術の開発(共研)

Technology for an Automatically Controlled Manufacturing 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とも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3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) 市販カラーセンサを使用して、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、材内での変色の検出に比べて材間の色の差の検出は、良好な精度が得られなかった。原因は材の密度や切削面精度等の違いにあると思われるが、今後、さらに検討を要する。

(2) 形状の検出は3段階に分けて行うこととした。1回目は折れ、欠落等割箸の形状を有していない物を機械的に除去し、2回目は変形の大きな物を横方向に送材しながら測定・除去、3回目は縦方向に送材しながら微妙な変形を測定し色等の識別と併せて総合的な等級区分を行うこととした。

(3) 節の検出はカラーセンサを用いて実験を行ったところ、感度・応答速度共良好な結果が得られた。

(4) 測定機構は、常に割箸がセンサの中心を材面と一定の間隔を置いて通過する機構とし、試作を行い、これを用いて材色の測定を行った。その結果、測定機構自体には特に大きな問題点はなかったが、送材機構等も含めて若干の改良が必要であり、今後検討を要する。

(5) 割箸選別試験装置の概念設計を行った。工程は、供給 横送り 反り・曲がり荒選別 仕分け 縦送り 反り・厚さ・割れ測定 曲がり・幅測定 色・節測定 等級判断 仕分けの順とすることとした。

(平成2年度～平成4年度)

(製材科, 機械科, 成形科, 滝上産業株式会社)

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

(住木センター委託)

Study on Advanced Utilization of Plantation Grown Larch

本道のカラマツ人工林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、平成2年度に引き続き枠組壁工法用住宅部材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。また、大断面構造用集成材ラミナについては熱盤乾燥とフィンガージョイントによる縦つぎ試験を行った。試験用原木はいずれも美瑛産カラマツ人工林材で一般市場で流通しているものである。

さらに枠組壁工法用製材と構造用大断面集成材について、現在の道内市場を中心に経済性の検討を行った。

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た。試験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18～34cmで、本数は48本である。

製材試験

(i) 原木の形質

節の数は原木1本当たり平均13.3個であり、2年度の結果より少なくなっている。また、径級による差は認められなかった。これは、今回の原木の元玉の割合が約40%と2年度より高かったためである。材面別では3材面無節あるいは隣接2材面無節以上が29.2%、4材面有節が約44%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。曲がりば径級の小さいものほど大きい傾向を示した。

JASに基づく等級各付けでは1等が1.5%、2等が70.8%、3等が25%、4等が1.5%であった。

(ii) 原木径級別・木取り型別の製材歩留まり

木取り方法はダラ挽き、枠挽きおよびツイン帯のこ盤を用いたたいこ挽きの3条件で、材種は204～212材の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12～17mmである。また、採算性を考慮して、副材としてパネルボード用原板を採材した。

径級別の主材の材積歩留まりは22cm以下で46.2%、24~26cmで50.0%、28cm以上で57.7%、全体で49.8%となった。2年度の結果と比較すると、いずれの径級でも歩留まりは低くなっている。これはツイン帯のこ盤で製材する場合、自動送材車付き帯のこ盤に比べて送材車にセットする際の融通性が低いためと思われる。副材を加えると2~5%歩留まりが上がる。

挽き方による歩留まりの差には大きな違いがなかった。

() 製材品の等級格付け

等級別の材積比率では、特級が最も大きく、次いで2級、3級、1級の順であった。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以上では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、次いで丸身、節、割れ、腐れの順であった。

乾燥試験

乾燥試験は2年度と同様にカラマツの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10tonの荷重をかける圧縮乾燥を採用した。

乾燥後の製品の等級が製材時より下がったものの割合が22.4%と2年度の結果と比較すると大きくなった。等級を下げる主な原因となるものは縦反りが大半を占め、曲がり、ねじれの欠点は少なかった。また、2ランクの等級低下が大半であった。

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寸法、反り、曲がりおよびねじれを測定した。2年度と同様に204、206および208材は多軸かんな盤の1回通しで仕上げ、210および212材は直角二面手押しかんな盤、自動一面かんな盤ならびにリップの3工程で所定の寸法に仕上げた。

製材から加工材までの材積歩留まりは73~79%であった。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29.5%、1級

4.7%、2級39.1%、3級21.7%、格外5.0%であった。製材時と比較すると特級および1級の割合にはほとんど変化がない。これに対して2級の割合が減少している。この分、3級と格外的割合が増加している。

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、各目視等級ごとの曲げ強度、引張強度ともほとんどの試験体で住宅金融公庫の「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。また、等級間で強度の差が小さいことから、目視等級と強度の相関は小さいと考えられる。このように、目視だけでは合理的な強度の保証は難しく、ヤング係数による機械的等級区分も併用することが求められる。

(2) 大断面構造用集成材ラミナの生産技術

熱盤乾燥試験

乾燥時間の短縮を目的に、熱盤乾燥試験を行った。圧縮方法は2mm厚さのジュラルミン板、6mmの通気板(溝深さ1.5mm、幅5mm、間隔30mm、孔径3mm)、65メッシュの真ちゅう網の順で材料をサンドイッチ式に挟み込む形とし、材料と直接接するものは真ちゅう網である。熱盤温度を140と150の2条件とした。圧縮圧力は3.5kgf/cm²とした。供試材は36×170×3700mmのカラマツ板材で1条件4枚である。

試験結果は次のとおりである。

熱盤温度140で初期含水率35%の材を210分で12%まで乾燥できた。また、150では30%の材を280分で8%まで乾燥できた。乾燥材の水分傾斜は仕上がり含水率が高いほど大きくなった。水分傾斜を少なくするためには、仕上がり含水率を低くする必要がある。しかし、含水率が低くなると乾燥応力が大きくなる。このため、過乾燥ぎみに仕上げ、なんらかの応力除去と使用含水率まで調整するために調湿処理が必要と思われる。収縮については熱盤乾燥の特徴である厚さ方向で大きく(4.8~6.4%)、幅方向で小さい(0.8~0.9%)傾向を示した。割れ、くるいについては品等を低下させるようなものは発生しなかった。

② フィンガージョイントによる縦つぎ試験

構造用大断面集成材を製造するためには長尺のラミナが必要である。このためにはラミナの縦つぎが不可欠である。そこでフィンガージョイントによる縦つぎを行い、曲げおよび引張試験を実施した。

フィンガー形状は長さ20mm、ピッチ6.2mmとし、縦つぎはレゾルシノール樹脂接着剤を用いて、エンドプレッシャー約80kg f/cm²で行った。

曲げおよび引張り試験はプレーン材100本、フィンガージョイント材100本の計200本ずつ行った。まず、供試ラミナ全数の曲げヤング係数を求め、この分布が同程度になるように曲げ試験用および引張試験用に振り分けた。曲げ試験用ラミナは長さ110cmに調整し、再度ヤング係数を測定しプレーン材とジョイント材に振り分けた。また、引張試験材は長さ3 mに調整し、プレーン材とジョイント材に振り分けた。

曲げ試験はスパン90cm、3等分点2点荷重条件で行った。引張り試験はグリップ部分の長さ100cm、引張り部分の長さ100cmで行った。

試験の結果は次のとおりである。

曲げ試験では、プレーン材の曲げ破壊係数の範囲は386～727～1,206kgf/cm²、ジョイント材で277～505～724kgf/cm²であった。引張り試験では、プレーン材の引張強度の範囲は74～368～667kgf/cm²、ジョイント材で151～236～374kgf/cm²であった。両者ともにプレーン材の方が平均値は高くなるが、範囲はジョイント材の方が小さい。また、ヤング係数と曲げおよび引張強度の相関係数はいずれもジョイント材の方がプレーン材より高かった。

(3) 経済性の検討

枠組壁工法用製材と構造用集成材の工場立地の可能性を現在の道内の市場を中心に検討した。平成2年度の枠組壁工法住宅の道内の建設戸数は約3,000戸、構造用大断面集成材の出荷量は約1,000m³である。

枠組壁工法用製材は企業利益が薄く、経営努力が必要である。また、構造用集成材は市場があればかなり利益性が高いと考えられる。しかし、現在の製品市場が小さく単独での企業化は困難と思われる。そこで、

ディメンションランバーとラミナの製造工程が同じであることから、枠組壁工法用製材と構造用集成材の複合工場を設定し、その経済性を検討した。

製品製造の前提条件は以下のとおりである。

原木径級	18～38cm
原木挽材量	12,000m ³
原木価格	6,000m ³ @18,000 (30cm～) 6,000m ³ @15,000 (18～28cm)
生産品目	主材 ディメンションランバー 構造用集成材ラミナ 副材 羽目板材
製品生産量	ディメンションランバー 3,505m ³ 住宅梁用集成材 4,608体 663m ³ 構造用大断面集成材 576体 1,037m ³ 羽目板 25,787m ³

製材、乾燥、加工の一貫生産で、支出総額551,144千円、設備投資総額742,000千円である。

ディメンションランバーの価格をm³当たり56,000円(204, 206, 208材)、61,000円(210材)、64,000円(212材)と想定する。これは、道内の輸入材の価格と同じと仮定している。また、住宅用梁材はm³当たり10万円、大断面集成材は20万円、羽目板は12cm幅でm³当たり3,000円、8cm幅で2,500円と想定すれば、収入総額は550,508千円になり、ほぼ収支のバランスがとれることになる。

しかし、この生産量でもディメンションランバーは新築住宅の約200戸分、羽目板は現在の需要の約2倍と想定される。住宅用梁材は1戸あたり5本使用と想定すれば約1,000戸程度の市場が必要になる。大断面集成材は現在の需要に見合う生産量になっているが、近年大規模木造建築物の建設が盛んになってきており、今後の需要増加が期待される。

(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)

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. 化学的・物理的手法による利用 技術開発

Research and Development of Utilization
Technologies of wood by Chemical or Physi-
cal Method

1.1 炭化物としての利用技術の開発

Development for Utilization Technologies for
Charcoal Products

1.1.1 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

カラマツ・トドマツなどの間伐材や樹皮・のこくず
等木質系バイオマスの有効利用の一環として、木炭の
新しい用途開発の研究を進めてきた。

木炭の環境浄化機能や土壌改良機能の検討を行うと
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
った。

平成2年度にはのこくずに炭酸ナトリウムを10%添
加し、炭化温度300℃、時間60分の炭化条件で得た木炭
粉のボード化を試みた。結合剤として、フェノール樹
脂接着剤を添加して成形した場合と、故紙を添加して
成形した場合の二通りの実験を行った。その結果、フ
ェノール樹脂接着剤で成形する場合には、接着剤の添
加量を増加すると、吸放湿幅が低下した。しかし、故
紙の添加では、添加量が増加すると、吸放湿幅が、や
や低下する程度であった。したがって、故紙を添加し
てボードを作れば、吸放湿機能をもつボードができる
ことが分かった。

3年度の研究目標は(1)防火性を有する炭素系成形物
の製造技術を開発すること (2)木炭とケイ素等との焼
結による新素材の開発に関する調査検討を行うこと (3)
木炭の環境浄化機能や連作障害防止機能について検討
することの三つであった。試験方法および得られた結

果は以下のようであった。

(1) 木炭ボード製造時に難燃剤を添加し、防火性を有
する炭素系成形板を作り、その防火機能を測定した。

カラマツ樹皮炭に難燃剤としてリン酸水素二アンモ
ニウムを、また結合材として粉末フェノール樹脂をそ
れぞれ10~20%配合し、180℃、15分の条件で熱圧成形
し木炭ボード(1×30×30cm、比重0.7~0.9)を作製
した。このボードの強度を調べるため曲げ試験を行う
とともに、防火性を調べるためJIS A 1321に基づく表
面試験と基材試験を行った。

さらに、1×95×95cm、2.5×95×95cmの難燃木炭ボ
ードを作り、前者については、カラマツの2.5cm厚の集
成材をコアとしてこの表裏面にはり、三層構造の積層
難燃木炭ボードを作製した。また後者については、難
燃処理したトドマツを両面にはって三層構造の積層難
燃木炭ボードを作製した。この2種類のボードについ
て防火戸材料としての耐火性能を調べるため、JIS A
1311の加熱方法で耐火試験を行った。

曲げ試験の結果、曲げ強度は接着剤10%添加で
11~34kgf/cm²、15%添加で27~54kgf/cm²、20%添加で
37~83kgf/cm²となり、接着剤が多い程高い強度を示し
た。

表面試験の結果、発煙も少なく、Tdθ(発熱量)も
0で、難燃1級に相当する結果が得られた。なお、難
燃剤で処理しないコントロールではTdθは30未満で難
燃2級に相当する結果が得られた。

しかし、基材試験の結果、3~7.6分で810℃に達し
た。これは「20分間、810℃に達しないこと」という基
準を満たすには至らず、難燃1級には合格しなかった。

JIS A 1311に基づく試験では2種類の構成の積層難
燃木炭ボードは、いずれも、60分の加熱に耐えた。

(2) 木炭とケイ素との焼結により得られた材料は耐熱
性が高く、無機人造繊維、自動車部品、ガスタービン
の製造材料として用いられ、またこれらの構造解析も

行われている。

木炭と金属との複合材料に関してはサーメット（セラミックと金属を焼結した材料で、原子炉、ロケット、ガスタービンなどに使われる）、超硬合金、セラミック繊維、無機人造繊維、耐火物、炭素繊維、繊維強化金属などあり、切削工具、航空機などに利用されていた。また、これらの構造解析も行われるなどの情報が得られた。

なお、(3)については、1.1.2の項に記載した。

(平成2年度～平成5年度)

(物性利用科、耐久性能科、成形科、

北海道立中央水産試験場、北海道立中央農業試験場、

北海道立北見農業試験場、北海道立道南農業試験場)

1.1.2 木質系炭化物の農水産業への利用（共研）

Application of Wood Charcoals for
Agriculture and Fishery

炭化度別木炭の製造並びにその物性の評価を行うとともに、木炭の環境浄化機能に注目した農耕地における有害物質の除去、木炭のろ過資材化、養殖漁業における水質浄化、連作障害が目立つハウス栽培やビート等に対する効果を検討することを目標とした。このため、以下について検討した。

(1) 供試木炭の製造と物性

実験炉で、カラマツのこくずから炭化度の異なる炭化物（炭化温度300～800℃、時間10分～20時間）を製造した。また、原料や炭化方式の異なる実用炉で製造の灰分、揮発分、固定炭素、PH、孔隙性等の物性を測定した。

その結果、木炭粉のpHは、炭化温度300℃で酸性を示すが、炭化温度が高くなるに従いpHが上昇し、500℃以上ではアルカリ性を示した。実用炉の炭化物では流動層炉木炭粉のみが酸性を示した。比表面積は実験炉の炭化物では、400℃までは原料のこくずと大差はないが、500℃を超えると急激に増加した。

(2) 木炭の養殖漁業における水質浄化

活性炭、セメント、つなぎ材を組み合わせ、海水用ろ過資材として使用する板状の成形物を作製した(成

形科)。

木炭粉数種類を入れてクロソイを飼育し、へい死数を把握するとともに木炭粉および上記板状成形物のアンモニア吸着能、海水に対するろ材としての適性を調べた。

その結果、流動層炉木炭粉ではクロソイ20尾を飼育中、5尾へい死した。この炭化物は炭化度が低いことから、酸性を示し、また他の木炭粉を含めて微粉は使用上問題があった。海水中での木炭粉のアンモニア吸着力は、全般的にも低い傾向が認められた。したがって、吸着性よりも表面積の広さを生かした、浄化バクテリアの着生基質としての利用法を開発する必要があると思われる（中央水試）。

(3) 土壌中の重金属の浄化および肥料成分の吸着

炭化度の異なる木炭粉数種類について、高分子汚泥、家畜糞尿、水産廃棄物からのZn, Cu, Cd, Pb, Niの吸着機能および肥料成分の吸着機能を測定した。また、コマツナおよびダイズを栽培する時の重金属および肥料成分の吸着量を測定した。

その結果、木炭粉の重金属吸着能は、第1表に示すように、原料別では樹皮(平炉) > 間伐材(ブロック炉) > のこくず(平炉, 流動層炉)の順で、重金属の種類別ではPb > Cu > Zn, Cd, Niであった。

コマツナが吸収する重金属の量については、木炭粉を施用すると、Zn および Cuの吸着を抑制する傾向を示した。さらに、高分子系下水汚泥や豚糞を添加した土壌の場合にも、木炭粉はZn, CuおよびCdの吸収を抑制した。なお、この吸着能は舌性炭の1/3程度であった。

肥料成分のうち窒素に対する木炭粉の吸着能は、PHによって異なり、PH7.0 > PH5.5であった。しかし、活性炭やゼオライトと比較すると、1/10～1/4と小さかった。一方、リンはみかけ上、吸着されなかった。

コマツナおよびダイズが吸着する肥料成分（窒素、リン）に及ぼす木炭施用の影響を調べた。コマツナでは肥料成分の吸収が抑制された。一方、ダイズでは、吸収量が増大した。この傾向は炭化度の高い木炭を用いる程顕著であった。また、この時の窒素とリンの吸

第1表 各種木炭粉の重金属吸着能
Table 1. Heavy metals adsorption capacity of various kinds charcoal powder

No	木炭粉の種類 Kind of charcoal powder	Zn		Cu		Cd		Ni		Pb	
		吸着量 Amount of adsorption (mg/g)	吸着率 Rate of adsorption (%)								
A1	カラマツのこくず 実験炉 300℃ Larch saw dust Experiment furnace	0.03	2.8	0.07	7.2	0.02	2.0	0.01	1.1	0.07	7.3
A2	" " 400℃	0.02	1.9	0.07	7.2	0.03	3.0	0.02	2.1	0.09	9.4
A3	" " 500℃	0.03	2.8	0.05	5.2	0.03	3.0	0.02	2.1	0.05	5.2
A4	" " 600℃	0.01	0.9	0.09	9.3	0.04	4.0	0.04	4.2	0.13	13.5
B1	カラマツ樹皮 平炉 Larch bark Open-hearth furnace	0.29	27.4	0.61	62.9	0.26	26.3	0.28	29.5	0.85	88.5
B2	カラマツのこくず 平炉 Larch saw dust Open-hearth furnace	0.13	12.3	0.33	34.0	0.09	9.1	0.11	11.6	0.47	49.0
B3	カラマツ間伐材 角型ブロック炉 Larch saw dust Square block furnace	0.20	18.9	0.41	42.3	0.19	19.2	0.16	16.8	0.65	67.7
B4	カラマツ間伐材 レンガ製ブロック炉 Larch saw dust Brick furnace	0.14	13.2	0.46	47.4	0.09	9.1	0.13	13.7	0.45	46.9
B5-1	カラマツのこくず 流動層炉 Larch saw dust Fluidized bed furnace	0.02	1.9	0.09	9.3	0.02	2.0	0.01	1.1	0.16	16.7
B5-2	カラマツのこくず 流動層炉 Larch saw dust Fluidized bed furnace	0.05	4.7	0.07	17.5	0.05	5.1	0.06	6.3	0.24	25.0
C1	カラマツのこくず 活性炭(粉末) Larch saw dust Activated carbon(powder)	0.78	73.6	0.96	99.0	0.49	49.5	0.82	86.3	0.94	97.9
C2	ヤシガラ 活性炭(粉末) Coconut shell Activated carbon(powder)	0.51	48.1	0.95	97.9	0.31	31.3	0.53	55.8	0.92	95.8

B5-2: 水洗後乾燥

Drying after washing

第2表 ビートの収量に対する木炭施用の影響

Table 2. The effect of charcoal on harvest amount of a suger beet

木炭粉 No. Charcoal powder No.	施用量 Giving amount (kg/10a)	根重 Weight of root (%)*	根中糖分 The sugar content in the root (%)	糖量** Amount of sugar (%)	修正糖分 The modified sugar content (%)	修正糖量 The modified amount of sugar (%)
B1	0	100	100	100	100	100
	50	98	99	98	98	98
	100	98	100	98	99	99
	150	104	100	104	104	104
B2	0	100	100	100	100	100
	50	98	102	100	102	100
	100	99	101	100	101	100
	150	96	103	99	104	100
B3	0	100	100	100	100	100
	50	106	100	106	100	106
	100	108	98	106	98	106
	150	108	98	106	98	106
B5-1	0	100	100	100	100	100
	50	102	99	101	99	100
	100	100	98	98	97	98
	150	106	99	104	99	104
B5-2	0	100	100	100	100	100
	50	104	100	104	100	104
	100	104	101	105	101	105
	150	104	102	106	102	106

* 各木炭粉施用区の対照区に対する百分率

Percentage of section with various kinds of charcoal powder in comparison for control section

** 糖量：根重×根中糖分

Amount of sugar: (Weight of a root) × (The sugar content in the root)

木炭のNoは表1と共通

No. of charcoal powder is common to Table 1

収量と根粒重との間には比例関係が認められた。したがって、炭化度の高い木炭粉を施用すると、木炭粉はVA菌根菌の活性を高めてリンを吸収させ、また同時に根粒菌の活性をも高めて、窒素吸収を促進したものと推定された。なお、この効果は、石灰や活性炭の施用でも認められた（中央農試）。

(4) 木炭の連作障害防止機能

① 数種類の木炭粉を用い、木炭粉の施用がビートの成育、収量および品質に及ぼす影響について検討した。

その結果、単作の場合第2表に示すように、木炭粉の施用量が増えると10%水準で、ビートの収量(糖量、修正糖量)が増した。25年連作した畑では木炭粉の施用によって根重、糖量は明らかに減少した。2～4年輪作では根重、糖量は同等もしくは減少した（北見農試）。

② 数種類の木炭粉を用い、施設野菜栽培土壌に対す

る木炭粉の施用が、きゅうり、トマト、ほうれん草の生育収量に及ぼす影響について検討した。

その結果、きゅうりでは流動層炉木炭の施用によって生育の増大が認められたが、他の木炭では施用量が増すと生育は低下した。トマトでは全般的に着果、果実肥大が悪かったが、生育は木炭施用によって増大するものがみられた。跡地土壌のpHはきゅうり、トマトともいずれの木炭粉でも、5%以上の施用で高くなり、アルカリ性が強まった（道南農試）。

(平成3年度～平成5年度)

(物性利用科, 成形科,

北海道立中央水産試験場, 北海道立中央農業試験場,
北海道立北見農業試験場, 北海道立道南農業試験場)

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2年度～平成3年度)
(物性利用科)

1.1.4 故紙を原料とした炭化物のボード製造技術の確立と機能評価(民間受託)

Study and Evaluation on Making the Board
With Waste Paper Charcoal Powder
(平成3年度)
(物性利用科)

1.2 粉砕物としての利用技術の開発

Research and Development of Utilization
Technologies for Wood Particles

1.3 成分の利用技術の開発

Development of Utilization Technologies for
Constituents of Wood

1.3.1 ササ成分の総合利用技術の確立

Utilization of Bamboo Grass Components

本道の森林は下層植生としてササ類が広く分布しており、その蓄積量は15,000万tonに達するものと推定されている。しかし、この膨大な森林バイオマスも森林施業上単なる雑草にすぎず、その防除に多大の労力と経費がかけられている。これまでにパルプ化、粗飼料化、ハードボードやフルフラールの製造など多くの変換技術が提案されているが、資源の把握、集搬方法、製造プロセスなどに未解決の部分も多く事業的に定着していない。現在、ササ類はそのごく一部が健康食品、放牧飼料、農産物支柱、民芸品材料などに利用されているが、大半は未利用のまま廃棄されている。森林整備のみならず森林資源の有効利用の観点からもササ資源の大規模利用技術の確立が望まれている。

ササ稈部の化学組成は、針葉樹材よりはむしろ同じ被子植物に属する広葉樹材にちかく、リグニン含有量も20%と多くない。ヘミセルロースはアラビノグルクロノキシランから構成されており、10数kgf/cm²程度の飽和水蒸気処理で容易に加水分解し、水溶性糖類(低

分子キシラン、キシロオリゴ糖、キシロース、アラビノースなど)を与える。リグニンも同時にその一部が希アルカリに可溶性となる。したがって、水蒸気蒸煮と水、希アルカリ抽出を組み合わせることにより、ササ成分・すなわち、キシラン、リグニンおよび、セルロースの効率的分線が可能となる。水溶性糖類は、それ自体が可食性繊維として、あるいはオリゴ糖、低カロリー甘味料原料として利用できる。また、希アルカリ抽出残さは主にセルロースからなり、脱塩すれば良質粗飼料として利用できる。そこで、本研究では希アルカリで抽出されるリグニンの用途開発として、フェノール系接着剤への変換について検討した。

(1) 試験方法

水蒸気蒸煮法によるササ稈部の主な利用対象は、製品の付加価値を考慮すればキシランである。したがって、キシランの収率が最大となる条件(170 - 70分, 185 - 20分, 200 - 5分)でクマイザサ稈部を蒸煮した。蒸煮物を圧搾し、圧搾残さをさらに希アルカリ(0.1, 0.3, 0.5, 1.0%水酸化ナトリウム水溶液)を用いて、25, 50, 80 の温度条件で1時間抽出した。抽出液を塩酸中和後、加圧ろ過しリグニンを得た。このようにして調製したリグニンを、種々の混合比でフェノール-ホルムアルデヒドあるいはレゾルシノール-ホルムアルデヒドに加えて製糊し、合板による接着力試験を行った。

(2) 試験結果

水蒸気蒸煮処理によりササ稈部のリグニンの90%が希アルカリに可溶化し、フェノール性水酸基も顕著に増加した。このことは、蒸煮処理によりササリグニン中の - および -0-4結合がアシドリシスと類似した反応機構で解裂し低分子化していることを示している。抽出リグニン量は、抽出温度や水酸化ナトリウムの濃度が高いほど大きかった。接着剤原料としては、0.1-0.5%の水酸化ナトリウム水溶液で80 で抽出されたリグニンが最も優れていた。しかしこの場合でもフェノール置換率は50%までであり、さらにリグニン添加率を上げるとフェノール樹脂木材接着剤のJIS規格をクリアできなかった。

(平成3年度)
(成分利用科, 接着塗装科)

1.3.2 ササヘミセルロースの効率的抽出法の開発 (民間受託)

Extraction of Xylan from Culm of Bamboo
Grass

(平成3年度)
(成分利用科)

2. 微生物的手法による利用技術開発

Research and Development of Utilization
Technologies of wood by Biological Method

2.1 食用菌栽培技術の確立

Establishment of Cultivating Technologies for
Edible Fungi

2.1.1 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

本道におけるシイタケの原木栽培は、ハウスを用いた周年栽培方式が主流である。しかし、既設のハウスはほとんどが密閉式のため、これに起因する弊害が多い。

そこで、理想的な構造のハウスを建設したうえで、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3年度は、(1)元年に植菌し、密閉型ハウスではだ作りしたミズナラほだ木の発生試験、(2)元年に植菌し、密閉型ハウスではだ作りしたシラカンバほだ木の発生試験、(3)伐採時期別原木の発生試験、を終了した。

このうち(3)は、シイタケ栽培用原木の伐採時期が冬期に集中していることが、原木不足を一層深刻化させていることから、夏山造材による原木を用いる可能性を検討したものである。2、6、8、10月に伐採・植菌したミズナラ原木を開放型ハウスで育成し、9回浸水発生を行ったところ、原木1㎡当りの子実体収量はそれぞれ、107、83、108、143kgであった。これとそ

れぞれの原木の容積密度(0.64, 0.57, 0.63, 0.75)との間には、正の相関(相関係数0.996)が認められた。したがって、今回の試験における子実体収量の差は、伐採時期や植菌時期よりも、むしろ原木の容積密度など、原木形質の相違に因るところが大きいと考えられる。このことは、ミズナラ原木は伐採時期を問わず、シイタケ栽培に使用できる可能性を示唆している。ただし、今回の試験は小規模であるため、以上の結果が普遍的なものであるか否かを確かめるためには、供試本数を増やし、より精度の高い試験を行う必要がある。

(昭和63年度～平成4年度)

(微生物利用科)

2.1.2 シイタケ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2年度には2,915ton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65%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上で、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開発に成功した。

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。また平成2年度には、60日間(熟成期間を含む)

の培養期間中、最後の20日間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を明らかにした。

このように子実体収量の増大に成功した反面、これにともなって子実体が小型化し、現在の市場の規格では格外品として位置付けられかねないという欠点も生じた。しかし、このことは欠点のみに止まらず、トマトにおけるミニトマトのように、小型であることを利点として差別化した商品に育ち得るといふ、優れた可能性にも通じている。

しかしながら、新しい商品を市場や消費者になじませるには、かなりの努力と時間を必要とする。そこで、3年度は、現在の市場で好まれるMクラスの子実体を生産するために、新たな培地組成の開発を試みた。

培地原料として、マカンバ帯のこくず、フスマ、ヒラタケ用増収剤を用いた。のこくず19Iに対して、フスマと増収剤を単独、もしくは混用して、0.5、1.0、1.5、2.0kgとなるように加え、適度な水分として培地を調整した。

使用種菌は當場保存株3、市販株1の4株とし、栽培条件は當場の常法としたが、市販株については開発メーカーの常法に準じて行った。

この結果、次のことが明らかとなった。

- (1) 一般的に、収量が増加すると子実体は小形化する。
- (2) 培地に添加する栄養分の質と量に対する感受性は、菌株によって大きく異なる。
- (3) Le77-20は、フスマの添加量が増すと子実体収量も増大し、小形化する。ヒラタケ用増収剤単用は子実体を大型化し、フスマと混用すると収量を飛躍的に増大させる。
- (4) Le58-3は、ヒラタケ用増収剤単用で（フスマと混用しなくても）飛躍的な増収効果が現れる。また、培地組成や子実体収量は、子実体の大きさに大きく影響しない。
- (5) Le86-2は、培地組成、子実体収量および子実体の大きさの間に一定した相関が見られない。
- (6) 市販株は、培養期間を90日とした場合、フスマと増収剤を混用した区において子実体収量が高かつ

た。また、子実体収量と子実体の大きさの間には、一定した相関がみられなかった。

以上のように、増収剤の効果は使用する菌株によって大きく異なるものの、Le77-20の子実体を大きくする効果は明らかなので、4年度は、このヒラタケ用増収剤の使用法に、さらに詳細な検討を加える予定である。

(平成2年度～平成4年度)

(微生物利用科)

2.1.3 ナラタケ瓶栽培技術の開発

Saw-Dust Cultivation Method of Genus

Armillariella

ボリボリと呼ばれて、秋の味覚として人気の高い野性キノコ、ナラタケ属の瓶栽培技術を確立し、食生活の多様化とキノコ栽培者の期待に応えるとともに、本道特産品とすることを目的として、昭和63年度から研究を行っている。

ナラタケの栽培で最も障害になるのは、種菌からの菌糸再生（特に、根状菌糸束の形成）が遅いために、種菌が活着する前に乾燥し、ペニシリウムなどの雑菌に汚染されやすいことである。そのために、培養途中で試験を中断するといったトラブルが生じ、安定した試験結果が得にくかった。

平成2年度においては、特殊なフィルターを挿入したゴムキャップが、種菌の乾燥防止に有効であることを明らかにした。さらに、実験室規模では、液体培地に2%程度の濃度になるようにエタノールを添加することにより、根状菌糸束の形成が速やかに行われることが分かった。

3年度においては、のこくず培地へのエタノールやエタノールを生産する酵母を添加し、根状菌糸束の形成促進効果の有無を検討した。しかし、ノコズ培地においては、2%程度のエタノール濃度では、根状菌糸束の形成速度にコントロールと差が生じなかった。また、酵母の添加効果についても明確な結果が得られなかった。

そこで、効果的な根状菌糸束誘導物質の検討を行った。その結果、カロチンが菌糸束誘導に効果的である

ことが分かり、この応用技術として、カロチンを含有するものの一つであるニンジンをのこくず培地と種菌の間に挟むことにより、効率良く菌糸束が形成され、安定した培養を行うことが可能になることを見出した。

また、3年度には、実験室的品種選抜法の検討を行い、200mlの培養瓶に130g前後ののこくず培地を詰めて試験を行うことで、800mlの培養瓶を用いた場合と同程度の培養日数で、同割合の子実体量が得られることが分かった。この方法を用いて、品種選抜試験を行い、林産試験場保存23株から人工栽培に通する2株を選抜した。

(昭和63年度～平成4年度)

(微生物利用科)

2.1.4 エノキタケの優良種菌の開発(民間受託)

Improvement of *Flammulina velutipes* strains

(平成2年度～平成3年度)

(微生物利用科)

2.2 微生物機能の利用

Utilization of Wood with Application of Function of Micro-Organisms