

林産試験場の平成4年度試験研究成果の概要

1992 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	1.3.2 大断面集成材を用いた大規模木質構造物の設計	8
Technological Development for Diverse Utilization of Wood Products		Designing of Large - Scale Structures Used Heavy Timber Construction	
1. 需要分野拡大のための木材利用技術の開発	5	1.4 土木・農業用施設等の施工技術および資材の開発	8
Research and Development of Utilization Technologies for Enlargement of Wood Products Market		Development of Construction Technology for Public Works and Agricultural Facilites and Materials	
1.1 木質内外装材の製品開発	5	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	8
Development of Wooden Interior and Exterior Parts		Development of New Uses Based on Simple Process for Small Larch Logs	
1.1.1 音響性能を付加した木質建材の開発	5	1.5 木製エクステリア製品の開発	10
Development of Wood - Based Building Materials Added the Acoustic Property		Development or Wooden Exterior Products	
1.1.2 カラマツ中大径材を利用した製品設計と試作	5	1.5.1 中小径材のエクステリアへの利用技術開発	10
Design of Interior Doors Utilized Plantation Grown Larch		Development of Exterior Equipments Using Small Wood	
1.1.3 木質内外装材のデザイン開発	6	2. 木質材料の性能向上技術の開発	10
Design of Wooden Interior and Exterior Parts		Research and Development for Improving Technologies of Wood Material Properties	
1.2 木造住宅の施工技術および資材の開発	7	2.1 寸法安定性向上技術の開発	10
Development or House - Building Technology for Wooden House and Materials		Development of Improving Technology of Dimensional Stability	
1.2.1 木質系多機能床材料および床構造の開発	7	2.1.1 木材の新しい耐久処理技術の開発	10
Research and Development or Wooden Flooring Materials and its Floor Construction		Improvement of Weathering Behavior of Wood by a New Chemical Treatment	
1.3 大規模構造物の施工技術および資材の開発	7	2.1.2 N - メチロール基の反応を利用した化学修飾木材の開発	12
Development or Building Technology for Large - Scale Structures and Materials		Development of New Chemical Modification of Wood by N - Methyrol Compounds	
1.3.1 木造大架構構造物の開発	8		
Development of Large Span Timber Construction			

2.2	耐久性向上技術の開発	12	3.	木質材料と異種材料との複合化技術の開発	17
	Development of Improving Technology of Durability			Research and Development for Combination of Wood and the Other Materials	
2.2.1	ホウ酸製剤の木材防腐・防火処理への適用	12	3.1	複合材の製品開発と製造技術の確立...	17
	Application of Boric Acid Products to Wood Preservation and Fire-Retardant Treatment			Establishment for Developing Products and Manufacturing Technologies of Composite Materials	
2.3	耐火性向上技術の開発...	13	3.1.1	ゴムチップパネルの立体成形技術の開発...	17
	Development of Improving Technology of Fire Resistance			Development of Moulded Composite Panel with Rubber and Wood Particles	
2.3.1	意匠性を付与した木製防火戸の開発	13	3.1.2	木質炭化成形物の製造とその材料の用途開発	17
	Development of Designed Wooden Fire Doors			Development or Various Utilization of Wood and Charcoal Composite Material	
2.3.2	木製防火サッシの開発...	13	4.	木質材料の使用マニュアルの充実...	17
	Development of Wooden Fire Windows			Perfection of Use - Directory for Wood Materials	
2.3.3	建築廃材を原料とした木質セメントボードの製造技術の開発...	14	4.1	樹種ごとの材質評価	17
	Development of Production of Wood - Cement Board Made of Waste Wood			Evaluation for Wood Qualities by Species	
2.4	強度向上技術の開発	14	4.1.1	カラマツ類の材質評価	17
	Development of Improving Technology of Mechanical Properties			Wood Qualities of Larix Species	
2.5	遮音・吸音性向上技術の開発...	14	4.1.2	高樹齢カラマツ材の材質	18
	Development of Improving Technology of Sound Insulation and Absorption			Wood Qualities of Japanese Larches in Old Plantations	
2.6	新性能付与技術の開発...	14	4.1.3	道産広葉樹材の材質	18
	Development of Technologies for Addition of New Properties			Wood Qualities of Lesser - Known Broad - Leaved Tree Species Grown in Hokkaido	
2.6.1	木質系吸水材の製造技術の開発...	14	4.2	木質資材の各種性能の評価	19
	Super Absorbent Materials Prepared from Lignocellulosics			Evaluation for Properties of Wood Materials	
2.6.2	木材の可塑化およびその利用技術の開発	15	4.2.1	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	19
	Development of Technologies for Plasticization of Wood by Alkali Treatment and Utilization or the Plasticized Wood			Properties of MG - Treated Particleboards	
2.6.3	蒸煮処理技術を応用した新しい木質材料の開発...	15	4.2.2	製材強度の非破壊検査法の実用化	20
	Development of New Wooden Materials with Pressurized Steaming			Development of Practical - System for Non - destructive Lumber Strength Graduation	
			4.3	木質資材の使用マニュアルの整備	21
				Making - Up of Use - Directory of Wood Materials	
			4.3.1	屋外構造用集成材の接着性能評価	21
				Evaluation of Adhesion Property for	

	Laminated Timber		Improvement and Development of Treatment Technologies for Wood Surface
II	木材産業の体質強化を促進するための技術開発	22	1.6.1 外装用集成材の透明塗装技術
	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	22	1.6.2 針葉樹型枠用合板の不織布を利用した表面処理技術の開発
	Improvement and Development of Manufacturing Technologies		Development of Treatment Technologies for Softwood Concrete Form Panel Surface Using Non-Woven Fabric
1.1	切削技術の改善・開発	22	1.7 新加工技術の開発
	Improvement and Development of Cutting Technologies		Development of New Processing
1.1.1	構造用製材規格に対応した製材技術の確立	22	1.7.1 ツイン帯のご盤を用いた多角形柱材の製材技術
	Production of Dried Construction Lumber with JAS		Sawing Technology for Polygonal Pole with Twin Band Headrig (End-Dogging Carriage)
1.2	破碎技術の改善・開発	22	1.7.2 接着層着色 LVL の製造技術の開発および性能評価
	Improvement and Development of Pulverizing Technologies		Production and Properties of LVL with Colored Glue Layer
1.3	乾燥技術の改善・開発	22	2. 生産工程の合理化
	Improvement and Development of Drying Technologies		Rationalization of Manufacturing Processes
1.3.1	熱盤乾燥技術の開発	22	2.1 製材工程の合理化
	Development of Hot-Press Drying Technology		Rationalization of Sawing Process
1.3.2	マイクロ波乾燥技術の検討	24	2.2 乾燥工程の合理化
	Studies of Drying Technology with Microwaves		Rationalization of Drying Process
1.4	注入技術の改善・開発	24	2.3 集成材製造工程の合理化
	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	24	2.3.1 強度等級区分ラミナを用いた集成材の強度性能評価
	Improvement of Preservative-Treatability of Domestic Softwood Grown in Hokkaido for External Use		Properties of Glued-Laminated Timber with Mechanically Graded Laminae
1.5	接着技術の改善・開発	26	2.4 合板製造工程の合理化
	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	26	2.4.1 乾式接着方法による薄物道材合板の製造
			Production of Thin Plywood with Film

	Glue Made of Urea-Formaldehyde Resin		Research and Development of Utilization Technologies for Wood Particles
2.4.2	針葉樹合板の製造試験……………28		1.2.1 連続混合・成形装置を利用した応用技術の開発……………38
	Production of Softwood Plywood		Development of Applied Technology Utilizing Continuous Mixing-Pelleting Machine
2.5	成形板製造工程の合理化……………28		1.3 成分の利用技術の開発……………38
	Rationalization of Manufacturing Process for Forming the Board		Development of Utilization Technologies for Constituents of Wood
2.6	加工工程の合理化……………28		1.3.1 ササ多糖類の生理活性……………38
	Rationalization of Processing		Biological Activity of Polysaccharides Prepared from Bamboo Grass, <i>Sasa scsanensis</i> Rehd.
2.6.1	割箸製造工程の自動化技術の開発……………28		2. 微生物的手法による利用技術開発……………41
	Technology for an Automatically Controlled Manufacturing Process of Half-Split Chopsticks		Research and Development of Utilization Technologies of Wood by Biological Method
3.	開発製品の市場性の評価……………29		2.1 食用菌栽培技術の確立……………41
	Assesments on Market-Performance of Developed Products		Establishment of Cultivating Technologies for Edible Fungi
3.1	市場性の分析……………29		2.1.1 ハウス管理によるシイタケ原木栽培技術の確立……………41
	Analysis for Market-Performance		Bed-Log Cultivation Method of Shiitake in the Green House
3.1.1	木材業における経営改善……………29		2.1.2 シイタケの空調栽培技術の開発……………42
	Manage Improvement of Wood Industry		Saw-Dust Cultivation Method of Shiitake Under the Air-Conditioned Environment
3.2	製造コストの低減化……………30		2.1.3 ナラタケ瓶栽培技術の確立……………43
	Reduction of Manufacturing Cost		Saw-Dust Cultivation Method of Genus <i>Armillariella</i>
Ⅲ	未利用森林資源の活用技術開発……………33		2.1.4 食用菌の優良品種の開発……………43
	Technological Development Utilizing Un-or Less-Used Forest Resources		Development of Superior Straines of Edible Fungi
1.	化学的・物理的手法による利用技術開発……………33		2.2 微生物機能の利用……………44
	Research and Development of Utilization Technologies of Wood by Chemical or Physical Method		Utilization of Wood with Application of Function of Micro-Organisms
1.1	炭化物としての利用技術の開発……………33		2.2.1 アルカリセルラーゼの性能評価……………44
	Development for Utilization Technologies for Charcoal Products		Estimation of Properties of Alkaline Cellulase
1.1.1	多目的炭素系資材の製造技術開発……………33		
	Research for the Way to Produce the Multi-Purpose Materials Made of Charcoal Powder		
1.1.2	木質系炭化物の農水産業への利用……………34		
	Application of Wood Charcoals for Agriculture and Fishery		
1.2	粉碎物としての利用技術の開発……………38		

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 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

寒冷地の住宅は、今日では高い断熱、気密性能を有するようになってきた。そこで、住まい手が次に注出するのが、音についてであることが予想される。しかし、北海道においては、これらの研究はあまり行われていない。

音に関する事柄としては、騒音を防ぐための防音と音楽などの音を楽しむ調音がある。そこで、本研究では、室内の残響を調節する内装資材や遮音性を考慮した木製サッシ、間仕切壁の開発とその性能評価を行った。

平成2年度には、オーディオルームなどで使用できる吸音性を考慮した内装壁パネルの開発を行った。3年度には、主に木製サッシの遮音性について検討を行った。

4年度は、3年度に引き続いて木製サッシの防音改修を行う上での有効な方策について検討を行った。検討した窓タイプは、障子にガラス付きの木枠を直接取り付ける結合窓タイプ、従来の防音サッシの形状である箱窓タイプ、よろい戸、および比較のための開き窓単体である。その結果、結合窓タイプの遮音性能はTs - 30以上であり、簡単でかつ有効な防音改修を行うことができることが分かった。また、よろい戸も設置が容易でかつ遮音効果が高く、Ts - 35 ~ 40の性能が

得られることが分かった。箱窓は、Ts - 35 ~ 40と高い遮音性能を有したが、窓の防音改修を考えた場合には施工上やや難点があった。

次に、簡便に脱着が可能で遮音性の優れた可動間仕切壁の検討を行った。最初に、市販の防音間仕切壁の調査を行った。その結果、面密度が40 ~ 60kg / m²、遮音等級D - 40 ~ 45のものが多いことがわかった。この程度の重量では、簡単に壁の脱着を行うことは難しく、また取付も強固に行う必要があり、施工が大がかりになりがちである。そこで、施工が容易でかつ遮音性の高い簡易可動間仕切壁の開発を行った。検討した可動間仕切壁の構造は、石膏ボードを2 ~ 3枚組み合わせ、中棧にゴムチップマットを使用し、コア材にグラスウールやフォームポリスチレンなどを挟み込んだものである。それらの材料の構成、パネル内の空気層厚さ、中棧の本数などをかえたもの20種類の試作、遮音試験をおこなった。試験の結果、遮音等級D - 25 ~ 35と市販のものよりやや遮音性能が劣るが、面密度が20 ~ 40kg / m²と軽く簡便に脱着できるものであることが分かった。

今後は、これらの結果を基に、住宅全体の遮音性について検討する予定である。

(平成2年度 ~ 平成4年度)

(性能開発科)

1.1.2 カラマツ中大径材を利用した製品設計と試作

Desing of Interior Doors Utilized Plantation
Grown Larch

今後、供給量の増大が予想されるカラマツ中大径材の用途拡大のためには、付加価値の高い製品開発が望まれている。このため、カラマツ中大径材の特徴を生かした5種類の室内ドアの設計と試作を行った。

(1) 集成材を3層構成にした片開き (第1図)

製品の反りとねじれを抑制するとともに、表面材の



第1図 集成材を3層構成にしたドア
Fig. 1. A door constructed three-ply of laminated timber



第2図 有節材を生かしたドア
Fig. 2. A double door utilized knotty timber

美観を高めるために、3枚の集成材をそれぞれ繊維方向を直交させて積層接着したドアである。また、傷の付きやすい把手部分と足まわりには、カラマツ材よりも硬いヤチダモの埋もれ木を意匠上のアクセントにもなるように配置した。

(2) 有節材をアンモニア処理で着色処理した片開き
節を目立ちにくくするために、アンモニア処理でかっ色に着色した表面材をバイアス張りにしたフラッシュ構造のドアである。また、この着色処理材は日やけによる退色抑制に効果がある。

(3) 無節のまま目板を表面材とした片開き
中大径材の心材部から木取った無節のまま目板は、赤身が美しく、しかも年輪幅が密であり、スギ材と同等以上の材木形質をもっている。この木肌の優美さを強調したフラッシュ構造のドアである。

(4) 部材の仕口に交差重ね合わせを使った片開き
製品強度を高める目的で、3層構成の部材の仕口に当场で研究開発した交差重ね合わせの手法を応用した框(かまち)組みのドアである。また、カラマツ表面材に傷が付きにくく、意匠上のアクセントとなるように、それらの幅はぎ部分にヤチダモの埋もれ木を配置している。

(5) 有節材を生かした両開き(第2図)
框材には無節のまま目板を、横桟には生き節を含んだ板目板を用いたドアである。また、横桟と横桟の間にはスリガラスを通して明かりや人影が映るように、等間隔のスリットを配置している。

平成5年度はオフィスを対象とした書棚などの設計と試作を行う。

(平成3年度~平成5年度)

(デザイン科、性能開発科)

1.1.3 木質内外装材のデザイン開発

Design of Wooden Interior and Exterior

Parts

道産人工林材の需要拡大の一つとして、他材料との組合せによって木材の欠点を補うとともに、木材の良さを生かした製品開発が考えられる。そこで平成4年

度は木材のほかに、スチール、アルミ、コンクリートなどの異業種分野におけるエクステリア製品の調査を行った。

また、他材料との組合せによる製品開発として、カラマツ材とコンクリートを組合せた舗道敷ブロックを試作し、凍結融解を含めた促進劣化試験などを行った。この結果、ほぼ製品化が可能な製造条件を把握することができた。

平成5年度は実大規模のフィールドで、実証的な試験を行うとともに、夏期間における製品の表面温度測定などを実施する。

(平成4年度～平成6年度)
(デザイン科)

1.2 木造住宅の施工技術および資材の開発

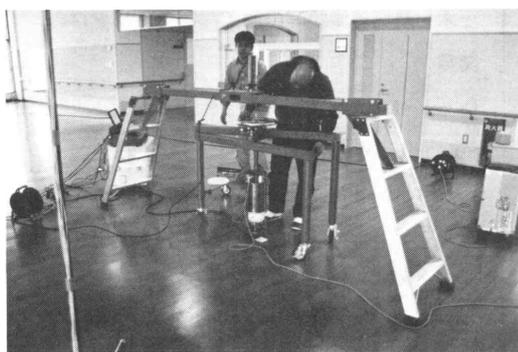
Development of House - Building Technology for Wooden House and Materials

1.2.1 木質系多機能床材料および床構造の開発

Research and Development of Wooden Flooring Materials and its Floor Construction

近年住宅の居住性、快適性の追求がますます進められている。それに伴い建築物の床に要求される性能も、その用途によって弾力性、緩衝性、衝突転倒時安全性など多様化し、それらの性能をもった床材、床構造が求められている。

本研究は、防音性、緩衝性、弾力性などの性能に床暖機能を付加するなど、多機能床材料ならびに床構造



第1図 居住性床硬さの測定

Fig. 1. Measurement of hardness of floors from viewpoint of comfortableness

の開発を狙いとしたものである。

プロジェクトは5部門からなっているが、それらは以下のとおりである。

仕上げ材部門

- 1 フロア材の寸法安定化
- 2 フロア材施工法の開発

緩衝材部門

- 3 緩衝材による防音床の開発

床構造部門

- 4 床構造の振動特性の把握による防音床構造の開発

バイオメカニクス部門

- 5 居住性床硬さの評価と最適床仕様の確立、標準的実大床の性能試験

平成4年度の結果

寸法安定化は熱処理技術の応用によってフロア材の寸法安定化を検討している。

体育館用、床暖房用床材の評価方法が確立でき、このことから、床暖房用フロア材については民間企業との共同研究を行い、製品化を検討することとなった。

2×4、パネル住宅、鉄骨ビーム住宅など多くの木造住宅の防音性の測定を行い、改善目標が設定できた。

体育館用床暖房構造に関する仕様を確立し、木構造による構造の開発の目安をつけた。

2×4のモデル構造を製作し、その性能試験を実施した。

これらの研究の成果として、弾力性、緩衝性を備えた床構造の特許を申請し、民間企業に技術移転され、緩衝性が必要な施設の床（幼稚園、福祉施設、老人ホーム、学校の多目的ホールなど）に施工されている。

(平成4年度～平成8年度)

(山岸主任研究員、

成形科、乾燥科、加工科、性能開発科、構造性能科)

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 木造大架構構造物の開発

Development of Large Span Timber Construction

木質の大架構構造物の新たな展開に資するため、木材を主体構造としスチールワイヤーを活用したこれまでにない形態の混構造の開発を行い、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4年度は、昨年度に試作した縮小モデルをベースに以下の検討を加えた。

(1) 架構を構成する梁および柱要素の検討

ワイヤーを使用した張弦梁について、その接続条件の差異ならびに形状または荷重条件が非対象の場合に生じるワイヤーの移動を、構成要素の一部を置き換えることによってモデル化した。また、梁の変形の進行にともない個々の部材レベルでは弾性的な変形であるものの、支点あるいは節点の移動によって全体としては非線形な挙動を示すことから、この点についても考慮した検討を行う必要がある。

複合長柱の圧縮について、ワイヤーのプリテンションの程度による初期の変形性状の相違について検討した。プリテンションにより接合部分の局所的な初期変形を抑止する効果があるものと思われる。

(2) 架構全体に対する検討

大がかりな足場を必要としない施工方法として、集成材ドーム等で実績のあるリフトアップ工法の適用の可否を検討した。また、完成時には、主体構造の一部となるワイヤーを、施工の際の吊りあげ用ワイヤーとして活用する可能性もある。

ワイヤーのスパン方向での連続性確保の必要性と、その施工上の問題点について検討した。躯体としてできあがった段階での部分的な構造の破壊により、崩壊をもたらさない構造形態が求められ、さらに検討を要する。

(平成3年度～平成6年度)

(構造性能科, デザイン科)

1.3.2 大断面集成材を用いた大規模木質構造物の設計

Designing of Large-Scale Structures Used Heavy Timber Construction

構造用大断面集成材の需要を拡大させるためには、新しい利用技術を取り入れた大規模木質構造物を設計し、関連業界へ積極的に提示していく必要がある。このため、国内外の物件の資料収集を行うとともに、構造用大断面集成材を用いたリゾート施設、事務所を設計した。

資料収集は、100件の大規模木質構造物を、用途や床面積など約60項目についてデータベース化した。さらに収集物件の中から、特徴的な接合部のディテールおよび部材の納まりなども収集した。

収集した資料などを参考にして、「道民の森」に小中学生を対象とした床面積1800㎡の宿泊施設、床面積2200㎡の森林学習施設および床面積30㎡のロッジなどの基本計画を行い、配置図、アクソメ図ならびに模型を制作した。このうち、宿泊施設には通直大断面集成材を、森林学習館にはわん曲大断面集成材を用いた構造とした。

平成5年度は引き続き国内外の物件について資料収集を行い、構造用大断面集成材を用いた木橋、アトリウムのある施設などを設計する。

(平成4年度～平成5年度)

(デザイン科)

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

平成3年度より、カラマツ中小径材の用途の多様化を進める一つの方策として、丸太・たいこ挽材を簡易

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ているが、4年度は以下の4項目について検討した。

(1) たいこ挽材および正角材の曲げ強度試験

丸太、たいこ挽材の強度性能を把握し、強度等級区分法を確立するため一連の実験を行っているが、4年度はたいこ挽材および正角材の曲げ強度試験を実施した。

およそ18か月間、天然乾燥したカラマツ丸太を、幅12cmのたいこ挽材に製材した後、edge wiseで曲げ破壊試験を行った。その後、一方から12cm正角材を、他方からflat wise試験用たいこ挽材を採取し、それぞれ曲げ試験を行った。

試験結果のうち、曲げヤング係数 (MOE) 、曲げ破壊係数 (MOR) の平均値を第1表に示す。

第1表 曲げ試験の結果 (1992年)
Table 1. Results of bending tests (1992)

たいこ挽材 Edge wise	MOE	107.6	tonf/cm ²
Two-faced sawn lumber	MOR	462.5	kgf/cm ²
たいこ挽材 Flat wise	MOE	96.5	tonf/cm ²
Two-faced sawn lumber	MOR	491.5	kgf/cm ²
正角材	MOE	76.5	tonf/cm ²
Square lumber	MOR	406.5	kgf/cm ²

同様に、2~3年度に実施した生材丸太、乾燥丸太の結果を第2表に示す。

第2表 曲げ試験の結果 (1990~1991年)
Table 2. Results of bending tests (1990~1991)

生材丸太材	MOE	107.5	tonf/cm ²
Green log	MOR	521.8	kgf/cm ²
乾燥丸太	MOE	99.7	tonf/cm ²
Air dried log	MOR	533.0	kgf/cm ²

これまでの結果をまとめると以下のとおりである。

丸太の曲げ破壊係数 (MOR) 推定のために縦振動 (打撃音法) による動的ヤング係数、曲げたわみによる静的ヤング係数を用いることは可能である。

生材丸太と乾燥丸太の曲げ剛性 (EI) は、乾燥丸太のほうが小さな値となった。この理由は、乾燥が不十分であったこと、乾燥による割れの影響などが考え

られるが、さらに検討が必要である。

丸太、たいこ挽材、正角材間の強度性能の関係を平均値を用いて比較すると、MOEは100 : 100 : 80、MORについては100 : 95 : 75となった。

(2) 丸太・タイコ材の防海虫処理法の検討

木材に被害を及ぼす海虫について、主に文献による調査を行った。その結果、海中で使用時の木材への被害は、海域や水深、樹種の相違により異なるが、フナクイムシに関しては、4年の実績ではあるが塗料 (ポリウレタン) での防止策があることが分かった。また、CCA (20kg/m³) 処理では16年、CCA (33kg/m³) & HTC (180kg/m³) 処理では2年以上の使用期間が期待されることが分かった。

(3) 丸太による柱脚埋込み工法の強度性能評価

土木用施設等への基礎杭として丸太を応用する場合に、従前からの杭の理論式が適用しうるかどうかを確認するため、カラマツ丸太杭の水平加力試験を実施して、耐力および変形性状について検討した。

地盤は、試験場内に作製した砂質地盤で、あらかじめ実施した地質調査の結果、N値は2~3で深さ方向、水平方向ともほぼ均質で極めてゆるい地盤であった。供試した杭は、脚部にコンクリートの根巻きを施したものの (外径800, 650, 500mm) 、丸太のままのもの (外径200mm) の4種類であり、その杭頂部をワイヤーで水平加力し、荷重と杭各部の水平変位および地表部付近での回転角との関係を計測した。

試験結果として、第3表に地表部の水平変位が10mmの時の荷重 (P₁₀) 、Broms式の極限水平抵抗の1/3

第3表 丸太杭の水平加力試験結果
Table 3. Results of horizontal loading tests of log poles

試験体 Specimen	P ₁₀ (kgf)	P _{broms} (kgf)	P _{max} (kgf)	P ₁₀ /P _{broms}
No.1	528	800	1663	0.66
No.2	456	650	1387	0.70
No.3	430	500	1136	0.86
No.4	190	234	617	0.85

(P_{broms} 許容耐力に相当)ならびに丸太杭の最大耐力 (P_{max})を示す。

根巻きの条件が変わっても、10mm変形時の荷重と理論式 ($Broms$ 式) より算出される許容耐力との間にはほぼ一定の関係が認められ、理論式の設計への適用の可能性が高いことが認められたが、最大荷重の安全率は十分でなく、埋め込み深さが小さい杭の場合には何等かの補正が必要と思われる。

(4) 農水産業用 PT 型ハウスの仕様書の改訂

3年度の実態調査と関係者の要望聴取の結果、仕様書の改訂を予定している項目について検討した。改訂項目のうちで、建物間口の拡大については、下屋への屋根トラスの採用と片流れトラスの組合せで対応し、主体構造部の屋根トラス単体のスパンの拡張は、安全性の確保の点から見合わせることにした。また、トラス形式として新たにフィンクトラスを加え、屋根構造の自由度を高めることにした。

(平成3年度～平成5年度)

(構造性能科, 材料性能科, 耐久性性能科)

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

本研究は、人工林中小径材の需要拡大を図るために、加工性、施工性が良く、耐久性に富んだ木質製品のデザイン開発を行った。

平成2年度と3年度は、住宅用エクステリアやストリートファニチャーへの利用技術開発を行った。

4年度は、広場、公園等の公共空間エクステリアの利用技術開発を行った。具体的には、当別町にある道民の森に設置するゴミステーションの設計を行い、デザインや耐久性などの検討を行った。このゴミステーションは、2.7×2.7mの寸法でオイルステインを塗布したエゾ・トドマツの製材を壁面に、DDAC系防腐剤を加圧注入したカラマツ丸太を基礎に使ったもので

ある。

また、これまでの研究結果を基にして中小径材をエクステリアに使用する場合のデザイン、耐久性等に関する資料の作成を行った。

今後は、本研究テーマで設計を行い、実際に設置されている製品の腐朽、塗装の状態を継続して調査する予定である。

(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 of Improving Technology of Dimensional Stability

2.1.1 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

本課題は、林産試験場でパーティクルボードの耐久性向上を目的として開発された、マレイン酸・グリセリン (MG) 処理を木材 (ソリッド材) に適用するため、最適条件を検討するものである。なお、本課題は北海道大学との共同研究である。

平成3年度は、まずMG処理液の調製条件とその組成について検討を行った。その結果、80℃程度の比較的低い温度で調製した場合でも、経時的に酸価が減少し、エステル価が上昇することが明らかになった。これは無水マレイン酸を用いただけでなく、マレイン酸を用いても認められた。またエステル化物の分子量は1000以上のものもあることが明らかとなった。

次に、MGとセルロースの結合 (架橋) について検討した。その結果、マレイン酸はセルロースともグリセリンとも反応していることが明らかになった。これは架橋結合の存在を示唆していると考えられる。

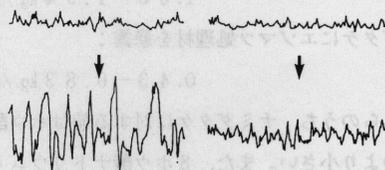
MG処理をソリッド材に適用する場合の反応条件 (加熱温度と時間) と寸法安定性の関係についてシナノキ試験片を用いて検討した。その結果、長期間持続

する寸法安定性を得るためには、160℃で2時間以上の反応条件が必要であることが明らかとなった。

4年度はMG処理液中およびMG処理セルロース中の2重結合の定量、紙をMG処理した場合の吸湿試験および紙力試験を、実用化の見地から、耐朽性能試験、屋外暴露試験を行った。

2重結合の定量の結果、処理液中においては2重結合量はほとんど変化せずに存在していること、また、セルロースとの反応後も同様に、ほとんど反応せずに存在している可能性が示唆された。

MG処理セルロースの反応条件と吸湿性の関係について検討した結果、反応を160℃で行った場合には、コントロールよりは若干低いものの、かなり吸湿する



第1図 屋外暴露による無塗装MG処理試験片(右)およびコントロール(左)の表面粗さの変化
Fig. 1. Surface Profiles of MG-treated wood (right) and control (left) before and after outdoor exposure



第2図 屋外暴露2年後の塗装MG処理木材(左)およびコントロール(右)の外観
Fig. 2. An appearance of coated MG-treated wood (left) and control (right) after 2-year outdoor exposure

ことが明らかとなった。一方、180~200℃で反応させた場合には、耐吸湿性がかなり向上した。これらの結果から、紙の耐湿性向上には180℃以上の高温条件が必要と判断された。

MG処理条件と紙力(裂断長と引っ張り強度)の関係について検討した結果、反応温度160℃ではコントロールより劣る結果が得られたが、反応温度が180℃以上になると両強度とも増加した。この傾向は溶媒抽出した試験片でも同様であり、MGがセルロースと反応した結果と考えられる。マレイン酸のかわりにコハク酸を用いた実験ではやや異なる傾向が認められ、温度の上昇とともに紙力は増加するが、200℃で処理した場合でもコントロールには及ばなかった。これは溶媒抽出の結果重量減少が大きかったことから、セルロースの水酸基に対するコハク酸のカルボキシル基の反応性がやや低いためと考えられる。

MG処理木材の耐朽性について褐色腐朽菌(オオウズラタケ)、白色腐朽菌(カワラタケ)および軟腐朽菌(ケトミウム)を用いて検討した。

褐色腐朽菌については、処理による重量増加率(WPG)のいかんを問わず、耐候操作の影響は認められず、傾向としてWPGの増加とともに腐朽による重量減少率(WL)は減少した。10WPGでもかなりの効果が認められ、WLはコントロールの半分以下の値となった。ただし、40WPGでもWLは0にはならなかった。白色腐朽菌の場合でも全体の傾向としてはほぼ同様であったが、効果が明らかに認められるのは20WPG以上であった。軟腐朽菌の場合もWPGの増加とともにWLは減少する傾向が認められたが、前二者ほど明確ではなかった。

屋外で2年間暴露した無塗装試験片の表面粗さ試験の結果を第1図に示す。コントロール材では表面が風化し、凸凹がかなり大きくなってきたのに対し、MG処理材では平滑な表面が維持されている。

また、塗装試験片の屋外暴露の結果を第2図に示した。無処理試験片では2年を経過する頃から塗膜の亀裂やはく離が生じはじめていたが、MG処理試験片の塗膜には大きな劣化がほとんど認められない。これら

の結果から、MG処理は木材そのものの耐久性と、塗膜の耐候性を大幅に延長させることが明らかとなった。これは寸法安定性が向上したことと、ともにMGを介して塗膜と木材との間に架橋結合が生成したためと考えられる。

(平成3年度～平成4年度)
(化学加工科, 北海道大学)

2.1.2 N-メチロール基の反応を利用した化学修飾木材の開発

Development of New Chemical Modification of Wood by N-Methylol Compounds

分子内にN-メチロール基を有する化合物は、木材の水酸基と反応する可能性があると考えられている。また、一般にN-メチロール化合物は水溶性のものが多く、溶媒として水が使えるので、実生産に適用する上で好都合である。本課題では、主にN-メチロール化合物として、さらに別の官能基(2重結合)を有する、N-メチロールアクリルアミドを用いて木材の水酸基との反応性について検討を行った。

その結果、N-メチロールアクリルアミドのセルロース水酸基との反応は、予想よりかなり低く、簡単な加熱のみでは十分な置換度となりえなかった。

アルカリ条件下でのマイケル付加についても同様に、十分な置換度とはならなかった。

反応条件を苛酷(たとえば、酸触媒下での還流等の条件)にすれば置換度を上げることが可能と考えられるが、特殊な反応容器などの設備投資が膨大になり、作業工程が多く、生産性も悪いため実用化は困難であると判断した。

(平成4年度～平成5年度)
(化学加工科)

2.2 耐久性向上技術の開発

Development of Improving Technology of Durability

2.2.1 ホウ酸製剤の木材防腐・防火処理への適用

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

平成3年度に引き続き、ホウ酸高濃度溶液(ホウ酸-トリエタノールアミンあるいはモノエタノールアミン溶液、それぞれBTEA, BMEAと略記する)を木材防腐・防火処理へ適用する目的で7項目の試験を実施し、以下の結果を得た。

(1) BTEAのホウ酸としての閾値は次のようになった。

オオズラタケにエゾマツ処理材を暴露:

1.65 - 2.13kg/m³

カワラタケにブナ処理材を暴露:

1.60 - 1.94kg/m³

ナミダタケにエゾマツ処理材を暴露:

0.43 - 0.83kg/m³

これらのうち、ナミダタケに対する値はホウ酸単独のものより小さい。また、8ホウ酸ナトリウム4水和物の効果と比較すると、カワラタケとナミダタケに対する閾値が小さかった。

(2) カラマツに対するBTEAを用いた拡散処理では、水を溶媒としたホウ酸あるいは8ホウ酸ナトリウム4水和物溶液による処理との比較で、浸潤長および吸水量上の改善効果は特に認められなかった。ただし、BTEAの溶解性は三者のうちで特に優れており、粘性が適度にあって作業性に優れるという利点があった。

(3) シナ合板を用いたJIS A 1321による表面燃焼試験の結果、BTEA, BMEAいずれの溶液とも臭化アンモニウムを供用することによって、難燃3級の規格値をクリアすることが明らかになった。このことは、燃焼に伴って毒性ガスを発生する恐れがあるハロゲンの使用量を減少することができる。難燃処理には、高濃度のホウ酸を必要とするが、BTEAは常温で高濃度を維持できるので、加熱せずに使用が可能となる。このことは、常温で高濃度の溶液を調製することが困難な8ホウ酸ナトリウム4水和物やホウ酸の代替薬剤として有望である。なお、BTEAよりBMEAのほうが

発煙量を少なくすることができた。

(4) BTEAで処理した木材を使った耐火試験では、防火戸などの材料に十分な遮熱性および遮炎性を示した。

(5) 上記の材料を使って甲種防火戸を製造することができた。

(6) BMEAで処理した材料の接着性や塗装性は、無処理材とほとんど変わらず、処理材の集成化や塗装には問題のないことが明らかになった。

(7) ホウ酸の溶剤防止のためにメラミン樹脂などによる包埋法を検討したが、効果のある処理法は見つかることができなかった。

この研究を始めた当初はホウ酸高濃度溶液としてBTEAを使っていたが、溶液の粘度や材への着色あるいは吸湿性が高いなどの欠点を克服する必要があった。そこで沸点がトリエタノールアミンより低いアミン類の使用を検討し、モノエタノールアミン(沸点170.5)を使ったBMEAに変更した。この溶媒も水よりはるかに高い沸点を持つが、ホウ酸の溶解量をBTEAよりさらに高めることができる利点があり、材の着色もほとんどないということが明らかになった。BMEAの防腐性能はBTEAの実験結果から容易に推定できるので実施しなかった。

2年間の共同研究では、ホウ酸の木材への定着法を開発することはできなかった。しかしながら、高濃度溶液などのホウ酸製剤の木材保存への適用法についてほぼ初期の目的を達成することができた。ホウ酸は低毒性で環境への負荷も小さいので、わが国の木材保存剤の一つとして多くに活用すべきものである。今後も木材へのより適切な利用法を検討する予定である。

(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 意匠性を付与した木製防火戸の開発(民間委託)

Development of Designed Wooden Fire Doors

(平成4年度)

(耐久性能科, 東洋シャッター北海道株式会社)

2.3.2 木製防火サッシの開発

Development of Wooden Fire Windows

平成4年、「住宅省エネ基準」が12年ぶりに改正され、高断熱・高気密化が改めて注目されている。今後大都市部では、断熱性と防火性の両方の基準を達成しなければならないが、窓サッシで高断熱性と防火性を共に満足するのは、木製サッシかアルミと木の複合サッシ以外にはない。そこで、乙種防火戸の規格を満足する木製サッシの技術基準を明らかにするため、4年度より2年計画で木製防火サッシの開発に着手した。

防火戸はその耐火性能によって、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が評価される。なお、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) 加熱後、重量3kgの重り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。

窓は、ガラスのサッシ取付部が防火上の弱点となる。そこで今年度は、押し縁断面形状と発泡材挿入方法の違いが、耐火性能に及ぼす影響について検討した。供試体は、押し縁断面形状、発泡材の挿入方法等を組み合わせて13体作製した。供試体の共通仕様は次のとおりである。

ガラス：厚さ6.8mm 網入り(ピッチ13, クロスワイヤ)

サッシ：カラマツ(気乾比重, 約0.5)

バックアップ材：発泡ポリエチレン(供試体の一部はセラミックファイバーを使用)

耐火試験の結果、以下の点が明らかになった。

(1) 20分以上燃え抜けず、乙種防火戸の規格を満足する最小押し縁断面は、厚さ20mm, ガラス飲み込み深さ20mmであった。

(2) ガラス端部に発泡材を挿入する方法は、燃え抜け防止に効果があったが、発泡圧によってガラスを変形させる傾向が見られた。ガラス側面に発泡材を挿入する方法も、燃え抜け防止に同程度の効果を示したが、ガラス保持力が小さく衝撃試験には不利であった。コーキング型発泡材による方法は、燃え抜け防止効果が小さかった。

(3) 非耐火型のコーキング材は、ガラスを通過するべく射熱によって20分前に着火した。このため、コーキング材にはダクトの充填等に用いられている耐火型のものを用いる必要があった。

(4) 押し緑表面温度は20分加熱後には250 を超え、着火しやすくなっていた。

(平成4年度～平成5年度)
(耐久性部科)

2.2.3 建築廃材を原料とした木質セメントボードの製造技術の開発

Development or Production of Wood-Cement Board Made of Waste Wood

(平成4年度～平成5年度)
(成形科, 福島建設工業株式会社)

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ずの高度利用、古紙の再利用は、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、吸水性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処理後、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4年度は、林産資源の吸水性能を調べて、吸水材となる原材料の多様化と製造法の簡素化を目的とした。さらに、得られた吸水材の用途を調査した。

(1) 原材料の検討

原材料の多様化を図るために、ササ、イタドリ、フキなどの化学成分とそのリン酸化物の吸水性能を調べた。試料は9月に採取し、風乾後、粉碎、脱脂してリン酸エステル化に供試した。なお、ホロセルロースはWise法に準じたが、処理時間を3時間とした。

化学成分を第1表に示した。オオイタドリ、ササは、広葉樹材に匹敵するリグニン量を有し、ホロセル

第1表 林産資源の化学成分
Table 1. Chemical components of forest products (%)

林産資源 Forest products	リグニン Lignin	ホロセルロース Holocell.	キシロース Xy.	アラビノース Ara.	グルコース Glu.
トドマツ <i>Abies sachalinensis</i>	29.9	84.0	4.2	—	50.2
シナノキ <i>Tilia japonica</i>	19.8	88.1	17.0	—	45.9
クマイザサ <i>Sasa senanensis</i>	23.2	80.5	21.6	3.9	42.7
チシマザサ <i>Sasa kulilensis</i>	21.2	81.3	6.7	—	48.2
アキタブキ <i>Petasites japonicus</i> var. <i>giganteus</i>	4.6	65.6	18.8	6.4	29.1
オオイタドリ <i>Polygonum sachalinense</i>	24.5	80.4	20.4	—	50.5

ロス量も多かった。アキタブキはグルコースに対するキシロース比が極めて高く、キシロースの供給源として有望であった。

これらの林産資源をリン酸化し、その吸水能を求めた。フキのリン酸化物は吸水量60 (g/g) を示した。しかし、シナノキと化学成分で類似したオオイタドリとササは、吸水能も同様に低かった。これまで、リグニンが吸水膨潤を束縛するために、高吸水性の付与には、一部のリグニンを除去することが必要である。したがって、トドマツ、シナノキと同様に、これらにも脱リグニンを伴った前処理がリン酸化に際し必要と考える。しかし、6月に採取したイタドリはリグニン量が低く、吸水量20 (g/g) を示した。イタドリは主な用途もない点から、原材料として有望と考える。

(2) 用途の検討

木質系吸水材の用途開発のために、農業用資材、化粧品材料、食物繊維などへの利用に向け調査を行った。

その結果、農業用資材として利用する場合は、コストの低下が絶対条件である。化粧品用増量剤としては、繊維が残存すること、生分解性をもつことに注意が必要となる。食品添加物としては、ビートパルプや海藻など安価な繊維質との競合が予想され、木質系吸水材の水切りのよさ、なめらかさをアピールする必要がある。その他、生分解性を特長として用途開発を行うことが重要である。

(平成3年度～平成5年度)

(成分利用科)

2.6.2 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、農林水産省の大型プロジェクト「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年計画で実施している。

3年度はポプラ、シラカンバなどを含む道産広葉樹7種類について、最適処理条件(アルカリの種類、濃度、曲げ加工時の含水率等)、曲げ加工材の強度、欠点(乾燥に伴う収縮、変色)等について検討した。

4年度は、減圧加圧装置を用いず、常圧浸漬法による単板への薬液の浸透性について検討した。また、アルカリ処理により浸透性が向上するメリットを活かして過酸化水素による漂白、酸性染料による染色などを試みた。また、ポプラおよびシラカンバの2樹種については、気乾状態および湿潤状態での接着性について検討した。

その結果、以下の点が明らかとなった。

アルカリ水溶液の含浸量は1mmの単板の場合、7時間程度でほぼ平衡に達する。その含浸率は減圧浸漬法を用いたときの値にほぼ匹敵する。

アルカリ変色した材は過酸化水素により、樹種により若干の差はあるものの、かなり漂白される。

気乾状態での接着性は良好であった。

湿潤状態での接着は含水率50%であれば可能であり、乾燥に伴う収縮が抑制されることが明らかとなった。この場合の接着剤はポリウレタン系が優れていた。

(平成3年度～平成5年度)

(化学加工科)

2.6.3 蒸煮処理技術を応用した新しい木質材料の開発(中企庁補助)

Development of New Wooden Materials with Pressurized Steaming

本研究は、今後、供給量の増大が予想されるカラマツ中大径材を対象に、蒸煮処理に伴う物性変化を利用して新しい木質材料を開発し、建築用材、家具用材などの付加価値の高い分野での利用開発を行うことを目的としたものである。なお、本研究は、中小企業庁の「地域技術おこし事業」の補助を受け平成4年度から5年度の2年計画で実施している。

4年度は、蒸煮処理に伴う木材の物性変化と蒸煮処理材のWPC化について検討した。

(1) 蒸煮処理に伴う木材の物性変化

カラマツ板材（心材部、厚さ20mm、幅150mm、長さ1200mm）を試験材とし、温度140～180℃の飽和水蒸気（飽和水蒸気圧3.7～10.2kg f/cm²）で30～300分蒸煮処理し、各処理材の材色、曲げ強さ、表面硬さ、耐摩耗性、吸放湿性、熱伝導度、難燃剤の注入性、接着性、塗装性、被削性等について調べた。得られた結果の概要は以下のとおりである。

① 蒸煮処理条件に伴う材色変化ならびに重量減少率は、いずれも蒸煮条件（温度および時間）との間に多重回帰が成立し、蒸煮処理の程度を表わす指標となることを認めた。

② 蒸煮処理は、材の曲げ強度性能や表面硬さを低下させる。例えば、重量減少率が5%、明度指数（L*）が47となる蒸煮条件（150℃-210分、160℃-120分、170℃-60分）では、曲げ強さが素材の約50%に低下する。

また、表面硬さも、重量減少率が5%となる蒸煮処理では、早材部で素材の約75%に、また晩材部で約60%まで低下し、重量減少率が10%、明度指数（L*）が40となる蒸煮処理（160℃-240分、170℃-180分）では、早材部で、素材の約55%、晩材部では約45%となる。

③ 蒸煮処理材の耐摩耗性については、本試験条件範囲内では、蒸煮条件と明確な相関性が認められず、いずれの試料も、フローリングに関する日本農林規格の基準値（重量減少量が0.15g以下）には合格する。

また、釘保持力性能にも、明確な蒸煮処理の影響は認められず、素材と同等であった。

④ 適度の蒸煮処理（170℃の場合90～150分）は、高い吸放湿能（素材の約2倍）を与え、かつ吸放湿に伴う寸法変化は、素材と同程度であり、内装材として使用する場合の利点の一つになるものと考えられた。

⑤ 蒸煮処理材の熱伝導率は、素材より低くなる傾向を示し、断熱性や触った時の温かみも増すことが認められた。

⑥ 難燃剤の注入性は、蒸煮処理によって向上した。その注入量から推定すると、重量減少率が5%以上となる蒸煮条件で難燃3級に合格するものと考えられた。

⑦ 蒸煮処理は、接着強さや塗膜の密着性を低下させる。これは、処理に伴う材の劣化によるものであり、接着を要する用途には、過度の条件は避け、重量減少率が5%前後以内に止めるべきであると考えられた。塗膜の密着性に関しては、本試験の蒸煮条件内であれば、特殊合板の日本農林規格（塗膜の密着強さ4kg f/cm²以上）をクリアーするが、さらに、促進劣化試験等による性能評価を実施している。

⑧ 蒸煮処理材の被削性について検討した結果、特にカラマツのような有節材では、その加工面の平滑性の優れることから、従来の周辺フライス削りより正面フライス削りが適することを認めた。

(2) 蒸煮処理材を用いたWPCの製造

蒸煮処理材を（蒸煮温度140～180℃、処理時間30～300分）をMMA（メタクリル酸メチル）でWPC化し、曲げ強さ、耐摩耗性、表面硬さ等を調べた。得られた結果の概要は以下の通りである。

① MMAの注入率は、重量減少率が5%となる蒸煮処理ではほぼ100%となった。

② 蒸煮処理材の曲げ強度性能は、WPC化によって向上する。しかし、蒸煮処理によって曲げ強さが素材の60%以下になった材は、WPC化後も素材以下となる。

③ 蒸煮処理材の耐摩耗性は、WPC化によって素材の約2倍に向上する。

④ 蒸煮処理によって低下した早材部の表面硬さは、いずれの処理条件においてもWPC化によって素材の1.5倍となった。しかし、晩材部での回復率は小さく、重量減少率が5%前後の処理で素材と同等となり、それ以上となる条件では素材以下となった。

（平成4年度～平成5年度）

（窪田主任研究員、物性利用科、化学加工科、接着塗装科、耐久性能科、加工科）

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立体成形技術の開発

(民間委託)

Development of Moulded Composite Panel with Rubber and Wood Particles

(平成4年度～平成5年度)

(成形成科, サンフロア工業株式会社, サンボット株式会社)

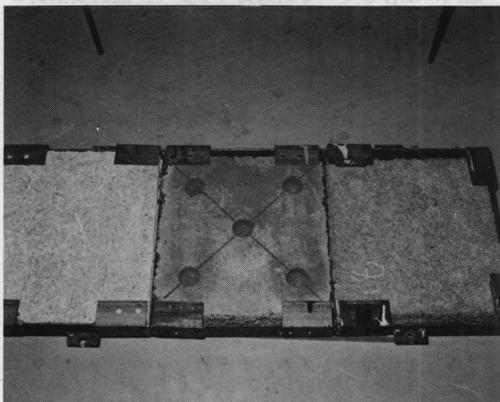
3.1.2 木質炭化成形物の製造とその材料の用途

開発

Development of Various Utilization of Wood and Charcoal Composite Material

木質材料を海洋土木資材として利用するため、木質炭化成形物を製造し、水質浄化材、人工藻礁・魚礁への適用の可能性を検討する。これにより、従来の木質利用分野とは全く異なる分野での需要の喚起が期待される。

平成4年度は、実使用可能なボード化条件の検討と、試作した試験体の海中投入を開始した。その結



第1図 海中投入用試験体

Fig. 1. Composite materials soaked in the sea

果、結合材としてセメントを用い、木質：粒炭：セメント=20：20～30：50（絶乾重量比）が、強度等基本的材質からみて基材として適すと考えた。このボードを海中投入したところ、6か月経過時点では重大な傷害の発生等は観察されなかった（第1図）。

(平成4年度～平成8年度)

(成形成科)

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 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、これらの中でも材質の良い品種を選抜することが求められている。ゲイマツ F₁（以下 F₁ と呼ぶ）は、様々な交雑カラマツ類の中で、幹の通直性、生長、耐病性、耐鼠性等において優れており、次代の造林樹種として期待されている。しかし F₁ の中でも家系により性質が異なるため、より優れた家系の選抜が必要である。

平成3年度は、基礎材質試験を行ったが、4年度はひき続き、17年生の F₁ 5 家系およびニホンカラマツ 1 家系について収縮率試験と強度試験を行った。試験は、相対する任意の2方向で樹心を含む柁目板を製材し、収縮率試験は地上高1.5～2.0mの部位で行い、強度試験は地上高2.0～4.0mの部位から採取した試験片で曲げ試験と圧縮試験を行った。結果は、以下のとおりである。

(1) 収縮率試験

含水率1%に対する収縮率は、F₁では、 l , t , r 方向で0.02, 0.26, 0.10%で、家系、供試木による差はほとんどなく、既往の結果とほぼ一致していた。また、ニホンカラマツでは、それぞれの方向で0.03, 0.24, 0.10%であった。

(2) 強度試験

曲げ試験と圧縮試験の結果を第1表に示す。F₁の強

第1表 家系ごとの強度試験結果
Table 1. Results of mechanical tests for each family (Average)

家系 Family G*) × L*)	家系内本数 Number of sample trees	気乾比重 Specific gravity	圧縮強さ Crashing strength (kg f/cm ²)	曲げ強さ Bending strength (kg f/cm ²)	曲げヤング係数 Young's modulus (tonf/cm ²)
Nakashibetsu 5 × Kamikawa 2	2	0.49	343	616	78
Nakashibetsu 5 × Tokachi 35	4	0.46	320	548	69
Wakkanai 9 × Kamikawa 2	2	0.48	312	589	64
Nakashibetsu 3 × Tokachi 35	2	0.46	323	577	73
Nakashibetsu 3 × Kamikawa 2	3	0.48	335	615	79
L × L Hidaka 5 × open	3	0.47	346	597	63

試験片の平均含水率は16.5%程度で、平均年輪幅は7mm程度である。

Average moisture content and ring widths of specimens are about 16.5% and 7 mm, respectively.

*) G : Guimatsu L : Nihonkaramatsu

度は、これまでに調査した東大演習林産の19年生のF₁(V544×V307)とほぼ同じ値であった。一方、ニホンカラマツは同樹齢のものより比重が高く、それに伴い、強度は若干大きかった。

3年度の結果をふまえ、F₁5家系を評価すると、F₁の特徴である通直性、繊維傾斜度、強度性能において中標津5×上川2の家系が最も優れていた。

(平成3年度～平成4年度)

(材質科, 北海道立林業試験場)

い年輪幅が減少し、晩材率が相対的に大きくなったためである。

(3) 仮道管長は、東大産のものは、既往の知見と一致していたが、遠軽産では短く、グイマツ程度であった。

(4) 含水率1%に対する平均収縮率は、東大産では l , t , r 方向でそれぞれ0.02, 0.26, 0.12%で、遠軽産では0.01, 0.30, 0.12%であり、類似の値であった。

(平成4年度～平成5年度)

(材質科)

4.1.2 高樹齢カラマツ材の材質

Wood Qualities of Japanese Larches in

Old Plantations

今後、高樹齢造林カラマツ材の産出が見込まれるが、これらの材質試験データはまだ少なく、調査する必要がある。

そこで、平成4年度から東大演習林産の83年生と遠軽町有林産の約70年生の高樹齢カラマツ(各産地1本ずつ)の材質試験を行っている。4年度は、これら2本の基礎材質試験を行った。結果の概要は、以下のとおりである。

(1) 東大産では、平均繊維傾斜度は8.1%、最大繊維傾斜度は13.3%で52年輪目に現れた。遠軽産では、それぞれ3.5%と11.5%、17年輪目であり、東大産に比べ繊維傾斜度は小さかった。

(2) 容積密度は、2本とも、既往の知見どおり外側に向かって大きくなる傾向があった。これは、加齢に伴

4.1.3 道産広葉樹材の材質

Wood Qualities of Lesser-Known Broad-

Leaved Tree Species Grown in Hokkaido

道内に生育している広葉樹のなかで、優良広葉樹として扱われていない樹種については、材質が明らかにされていない部分もある。このため、それらの樹種の材を有効利用していくうえでの指針となる基礎的データの集積を目的として、各種材質試験を行うこととした。

(1) 材料および方法

道有林旭川経営区、標高800m前後の天然林から、胸高直径20cm以上のコシアブラ、ケヤマハンノキ、エゾノキヌヤナギ、ミズキ、ナナカマドの5樹種各3本(ナナカマドについては5本)の供試木を得た。

それらの供試木の1番玉末門付近(地上高2.5m前

第1表 供試木一番玉末口での肥大生長と材容積密度数
Table 1. Features of increment growth and values of wood bulk density at top ends of the first logs of tested trees

樹種 Species	供試木番号 Tree No.	直径 Diameter (cm)	年輪数 Annual ring number	平均年輪幅 Average ring width (mm)	容積密度数 Bulk density (kg/m ³)
					最小-平均-最大 min. - ave. - max.
コシアブラ	1	27	70	1.92	299-338-373
KOSHIABURA	2	24	68	1.74	314-340-366
<i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	3	28	70	2.00	327-351-378
ケヤマハンノキ	1	25	29	4.22	357-382-409
KEYAMA-HANNOKI	2	20	30	3.29	359-374-395
<i>Alnus hirsuta</i>	3	18	28	3.15	381-410-460
エゾノキヌヤナギ	1	17	30	2.83	349-404-451
EZONO-KINUYANAGI	2	19	29	3.29	362-413-449
<i>Salix pet-susu</i>	3	21	11	9.57	378-420-452
ミズキ	1	22	73	1.44	438-485-520
MIZUKI	2	24	68	1.74	428-476-511
<i>Cornus controversa</i>	3	23	65	1.80	459-492-530
ナナカマド	1	28	61	2.28	556-596-628
NANAKAMADO	2	24	64	1.83	522-559-589
3	21	64	1.63	536-558-574	
<i>Sorbus commixta</i>	4	20	69	1.45	512-537-546
5	23	59	1.94	556-578-598	

後) から円板を採取し、その長径上2方向で年輪幅、容積密度数を測定した。

(2) 結果

今回調査した各供試木の年輪幅、容積密度数の測定結果を第1表に示す。各樹種の肥大生長と容積密度数の特徴、および、これまでに認められた外観上の特徴を以下に述べる。

1：コシアブラは、樹齢60年程度で胸高直径20cm程度に達していた。ただし、枝下高は一般に低い。今回調査した5樹種中最も低い容積密度数を示した。

2：ケヤマハンノキの肥大生長は良好で、樹齢30年程度で胸高直径20cmに達していた。既存の資料によると、材密度は中庸とされているが、今回の供試木は比較的低い容積密度数を示した。ハンノキ属の材に特徴的に現れる複合放射組織の斑は少なく、不明瞭であった。

3：エゾノキヌヤナギは、生長は極めて良いが、顕著なアテ材を含む部分が多かった。ヤナギ類としてはやや高い容積密度数を示したのもアテ材の存在によるものと考えられる。ピスフレックスが顕著に現れ、材の

外観上著しい価値の低下をもたらしていた。また、内部の腐朽、材穿孔性昆虫による食害痕も見られた。

4：ミズキの肥大生長は、コシアブラと同程度で約60年で直径20cm程度であったが、コシアブラよりも枝下高が高い。容積密度数は5樹種中ではやや高かった。

5：ナナカマドの肥大生長は、約60年で直径20cm程度となっていた。容積密度数は今回調査した5樹種中で最も高かった。また、肥大生長の旺盛なものほど、容積密度数が高くなる傾向が見られた。

(平成4年度～平成6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 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

(平成3年度～平成5年度)

(材料性能科)

4.2.2 製材強度の非破壊検査法の実用化

Development of Practical System for Non-destructive Lumber Strength Grading

一般の製材と同様に、構造用製材も等級区分はほとんどの場合、目視によって行われている。目視等級区分では、あてやくさねのように、定量化が困難な欠点を評価しなければならない。また、節径比などの因子から推定される強度のばらつきが大きいことから、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、および半角材となる。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。

(1) 3年度までの成果の概要

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。

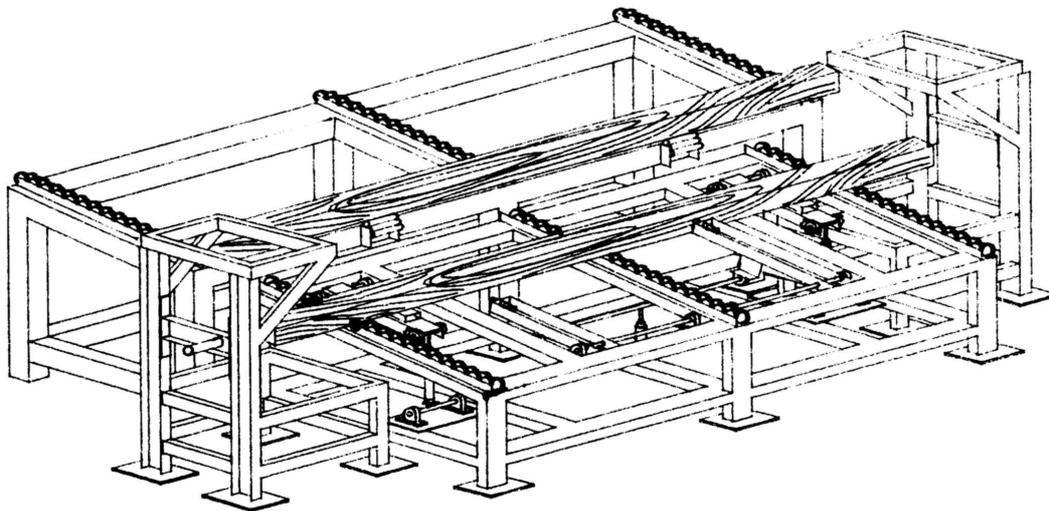
打撃音法によって測定した動的ヤング係数と、曲げ破壊係数との相関は十分に高く、打撃音法による動的ヤング係数を用いた等級区分は、可能であることを明らかにした。さらに、断面の大きな製材に対しても適用できること、簡便であることなどから、等級区分装置に採用する非破壊検査法として、打撃音法が適当であると判断した。

2年度には、水分の影響について検討した。この結果、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、実用上問題はないことが分かった。

3年度には、打撃音法を用いた等級区分装置を、一般の製材工場で使用の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。打撃音法による製材強度測定には、製材の重さ、長さ、幅、厚さと、打撃後の製材の固有振動数のデータの取得が必要である。それらの計測フローを決め、システムの構成を検討し、それぞれの測定方法及び測定センサの選定を行った。

(2) 4年度の成果

4年度は、3年度の概念設計を基に試作機を製作



第1図 試作非破壊等級区分装置
Fig. 1 Nondestructive strength grading machine

し、その動作と計測取得したデータを確認した。

① 計測フローの検討

測定誤差を減らすことと、機構の簡素化を目的に計測部は一所にまとめることにした。システムには、レスポンスのよいエアシリンダシステムを採用することで、製材1本当たりの測定時間は、30秒程度と予測した。

② 測定方法の検討

重量の測定にはロードセルを使用した。また、製材の長さ、幅、厚さの測定には、非接触型のアナログ距離センサを用いて、機構の簡素化とシステムの簡略化を図った。

③ 試作機

10.5×10.5×365cmの製材用の試作機を作製した(第1図)。試作機を用いて、材料の重さ、長さ、幅、厚さと、打撃後の固有振動数を測定し、その強度等級区分を行った。機構は比較的順調に動作し、1本当たりの測定時間は予測どおり30秒であった。

(平成4年度～平成5年度)

(材料性能科, 機械科)

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 屋外構造用集成材の接着性能評価

Evaluation of Adhesion Property for
Laminated Timber

集成材は、屋内構造用部材としてすでに広く用いられているが、橋梁のような屋外構造物への用途は少ない。これは、厳しい環境下での耐久性能に関する評価

が定着していないことによる。屋外構造部材の物性のうち、接着性能、中でも疲労特性は検討すべき重要な課題である。こうした観点から、本研究は屋外構造用集成材の接着性能、とりわけ疲労特性を把握することを目的とした。平成4年度は、接着疲労性能の評価法を選定するために種々の試験方法について検討するとともに、採用した試験方法のうち一部試験法について疲労試験を実施した。結果は以下のとおりである。

接着疲労の評価法として、剪断繰り返し疲労、剪断衝撃繰り返し疲労、曲げ衝撃疲労、曲げ繰り返し疲労の4種類の試験法について予備的に検討し、その結果、技術的容易さ、再現性の点から曲げ衝撃疲労試験以外の方法が適していると判断した。そこで、剪断衝撃繰り返し疲労試験、曲げ繰り返し疲労試験の試験機の設計試作を行うことにした。

低周波の剪断繰り返し疲労試験は、オートグラフを使用し、構造用集成材に使用されている2種類の汎用接着剤について実施した。剪断変形0.5mmの一定繰り返し変形を与えた場合の応力変化をもって疲労特性を評価した。繰り返し回数は最大4万回までとした。試片には種々の条件で促進劣化履歴を与えた。その結果、熱硬化性の接着剤では、熱履歴、乾湿繰り返し履歴の影響は少なかったが、熱可塑性のものでは、明かに影響が認められた。履歴を受けた試片は、条件により100～2000回の範囲で破断した。その破断形態は特徴的であり、わずかな応力低下で推移したのち突然破断するという疲労破壊形態を示した。

(平成4年度～平成6年度)

(接着塗装科)

木材産業の体質強化を促進するための技術開発

Technical Assistance for Fortifying of Local Forest Product Industries

1. 生産技術の改善・開発

Improvement and Development of
Manufacturing Technologies

1.1 切削技術の改善・開発

Improvement and Development of Cutting
Technologies

1.1.1 構造用製材規格に対応した製材技術の 確立

Production of Dried Construction
Lumber with JAS

平成3年に針葉樹の構造用製材の日本農林規格（JAS）が定められ、施行されている。この中で生材（規格上では未乾燥材）と乾燥材の規定寸法は同じで、範囲が決められている。乾燥材の場合、乾燥によって接線方向と放射方向で異なる割合の収縮が起るため、製材時にその分を上乗せして挽き立てをしなければならなくなる。そこで、構造用製材のJASに対応した製材技術として、乾燥材生産のために必要な歩増し量の検討を行った。

供試材はエゾマツ、トドマツの一般流通材である。試験は道内で流通している規定寸法105mm正角について検討を行った。乾燥は非圧縮条件で通常の蒸気式人工乾燥で行った。目標含水率は20%とした。乾燥前後の寸法から、収縮の割合を算出した。

実大材の収縮の割合を第1表に示す。表からも分かるように、二方材の変形は、断血中央の方が材縁より収縮量が小さい。また、中央より両木口の収縮が大きくなる傾向もみられた。

トドマツの中には寸法の増加を示すものもあった。これは断面形状の変形による、測定の誤差と割れによる変形などによるものと考えられる。

試験結果から、人工乾燥したものを出荷するためには、製材時の寸法をエゾマツは107.5mm（歩増し量2.5mm）、トドマツは107mm（同2mm）程度とすることで、

許容値に収まる割合が高くなると思われる。しかしながら、乾燥しただけでは断面形状が不ぞろいとなり、歩切れも一部発生する可能性もあり、評価は低いと思われる。そのためには、より大きな寸法で製材し、乾燥後に2次加工することが望ましい。そこでモルダー切削を検討した結果、削り残しの許容値を枠組壁工法のJASと同様40%とするなら、エゾマツ、トドマツ共に製材寸法を110mm以上にする必要性が認められた。

（平成4年度）

（製材科）

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 熱盤乾燥技術の開発

Development of Hot -Press Drying Technology

過去の報告から熱盤乾燥法は、熱気乾燥法に比較すると、狂いが少なくごく短時間で乾燥が可能であり、製品後の寸法安定性にも優れた効果を付与することなどが特徴として上げられている。しかしながら、乾燥経過中の含水率把握、適正な乾燥時間、目標含水率など、製品の寸法安定化を図るための適切な乾燥条件は詳細に検討されていない現状である。これらの点を把握するため次の基礎実験を行った。

小型熱盤プレス装置により数種の広葉樹材（ミズナラ、イタヤ、マカンバ、ヤチダモ）を乾燥した。乾燥条件としては、熱盤温度は120、140、160 の3条件、圧縮圧力は3、6、9kgf / cm²の3条件で、これらの条件を組合せて実験を行った。なお材寸は、プレス装置規模からの制約、およびフローリング材を製品目標としているため、厚さ27mm、幅90mm、長さ50cmとし

第1表 収縮の割合
table 1. Shrinkage

Species	Sawing pattern	Direction	Position	Longitudinal center			Both end grain				
				Ave.	Max.	Min.	C.v.	Ave.	Max.	Min.	C.v.
エゾマツ <i>Picea jezoensis</i> Moisture content 16.2%	radial section	"	both edge	1.76	3.16	0.76	23.7	2.28	4.42	1.30	23.3
			center	1.30	1.97	0.54	27.4	2.06	3.36	0.88	24.7
	tangential sec.	"	bark side edge	3.89	5.33	2.54	17.2	4.40	5.49	2.08	15.9
			center	2.97	4.32	1.97	21.4	4.11	5.45	2.87	16.0
Specific grav- ity (air-dry) 0.42 Annual-ring width 2.0mm	diagonal	"	pith side edge	3.66	4.55	2.26	14.8	4.39	5.84	2.89	15.1
			intermediate	2.75	4.66	1.32	21.4	3.38	6.64	1.17	24.2
	intermediate	"	bark side edge	2.61	4.46	0.75	31.8	3.31	5.20	1.02	28.6
			center	2.24	4.22	0.78	33.6	2.96	4.54	1.14	26.6
トドマツ <i>Abies sachalinensis</i> Moisture content 17.5%	radial section	"	pith side edge	2.22	4.16	0.80	38.0	2.60	4.80	0.68	31.6
			radial	1.94	5.68	0.67	51.7	2.39	5.15	0.94	33.6
	tangential sec.	"	tangential	2.98	4.69	0.76	29.4	3.80	9.44	1.15	29.4
			both edge	0.94	2.32	0.00	58.2	1.45	3.89	0.10	49.7
Specific grav- ity (air-dry) 0.42 Annual-ring width 5.5mm	intermediate	"	center	0.44	1.53	-0.33	111.6	1.08	2.74	-0.11	60.0
			bark side edge	3.62	4.64	1.88	20.3	4.28	6.02	1.11	21.6
	diagonal	"	center	2.29	3.77	-0.09	38.6	3.37	5.10	0.46	29.7
			pith side edge	2.71	4.32	0.96	30.7	3.41	5.43	1.18	27.8
Note: 1 is air-dry method increased things value is normal shrinkage rate (β) is different, (material method - air-dry method) / air-dry dimension \times 100 (%) Note: Negative numbers express swelling not normal shrinkage number (β), (Green dimension - Air-dry dimension) / air-dry dimension \times 100 (%)	intermediate	"	intermediate	2.11	3.64	0.23	34.8	2.66	5.84	0.84	36.0
			bark side edge	2.19	4.54	-0.74	54.0	2.92	8.22	-1.32	45.3
	diagonal	"	center	1.35	3.61	-0.63	74.8	2.29	5.96	-1.44	57.4
			pith side edge	1.22	3.07	-0.32	67.3	1.75	4.52	-1.40	59.0
Annual-ring width	diagonal	"	radial	0.97	1.95	0.26	43.5	1.44	8.45	0.26	74.8
			tangential	2.51	4.43	0.51	42.4	3.43	5.26	1.09	28.6

た。

平成4年度の目標は、乾燥経過中の含水率検出方法の確立と、製材の上下に挟み込む通気板の最適形状を検討することである。含水率検出方法としては材温測定を行い、推定する手法について検討した。通気板の形状には水蒸気を逃すため、その溝に沿って空いている孔の間隔を20mmと30mmにした2種類の通気板を用い、乾燥性を比較した。

実験の結果、各樹種とも材温は熱盤温度に関わらず、初期の10～20分の間に急速に上昇し100℃である期間平衡に推移した。その後、含水率の減少とともに徐々に熱盤温度に接近するが、圧縮圧力が大きく材内部に水蒸気圧が保持された場合は、一様に約120℃で平衡に達することなどから、必ずしも材温と含水率の関係を一定に見出すことは困難である。さらに、初期含水率による材温上昇傾向の差や、材温測定部と全体の平均含水率の関係などを加味した場合、この推定法の実用化は不可能との認識を持った。今後は、基礎実験を繰り返し実測値から時間推定を試みる。

孔間隔20mmと30mmの通気板の孔面積はそれぞれ40.7cm²、15.9cm²で、その比はほぼ5:2の割合である。これらの通気板を用い初期分水率の揃った材で乾燥速度を比較したところ、差はなかった。

5年度は乾燥特性、寸度安定性について検討する。

(平成4年度～平成5年度)

(乾燥科)

1.3.2 マイクロ波乾燥技術の検討

Studies of Drying Technology with
Microwaves

マイクロ波は木材自体を内部から加熱し、材内部の水分に集中して吸収されるために熱効率が低い。このためマイクロ波による木材の乾燥は、従来の熱伝導による外周加熱方式(熱気乾燥法など)よりも乾燥速度が高く、乾燥時間を短縮することが可能である。ところが、現時点でも木材のマイクロ波乾燥法が、特殊乾燥法と位置付けられているのは、商用電力からマイクロ波電力への変換効率が低いことため電力コストが高くな

るためである。また、装置の消費電力が大きいこと、装置の規模から少量、短尺材しか乾燥できないため付加価値の高い材・乾燥性の良い材以外は、マイクロ波による乾燥法が使用されていないことによる。しかしマイクロ波による乾燥法は出力・照射時間を適正に操作すれば装置の消費電力量を削減でき、乾燥コストの低減化と乾燥時間の短縮化を同時に図ることが可能である。また近年の木材形質の低下に対応し、マイクロ波の特長を利用することによって、乾燥材の高品質化を図ることができる。

そこで、平成4年度は基礎試験として林産試験場所有のマイクロ波乾燥装置(東芝株製、入力AC200V、発振機総出力1.5kW、発振周波数2450MHz、オープン有効寸法:幅700×奥行700×高さ500mm)の装置特性を把握する試験を行った。30cm長さのトドマツ105mm正角材9本を装置内部のターンテーブル上にべた積みし、ターンテーブルを停止した状態でマイクロ波を照射し、試験終了後の水分傾斜や損傷によって照射むら等を調査した。その結果、装置内の位置によって顕著な照射むらがみられた。照射が集中していると思われる位置の供試材は、含水率が高くても損傷(内部割れや炭化など)がみられた。これらの損傷の発生時期と装置内部の温・湿度変化との関連を検討中である。

5年度はターンテーブルを運転した状態で適正な乾燥条件(出力・照射時間・初期含水率)をトドマツ、カラマツ、シナ材について検討し、さらに外周加熱方式との組み合わせによってマイクロ波処理材の品質向上・乾燥コスト低減化を目指す。

(平成4年度～平成5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

平成3年度に引続き、正角材を対象にした表記の研究を実施した。この研究の目的は、2年度に示された「薬品処理木質外構部材の製造基準」に合致する防腐処理材を製造するために、難注入材である道産針葉樹の注入性を改善しようとするものであった。

4年度はエゾマツとトドマツの蒸煮処理および拡散処理を行い、また3年度の成果を基にカラマツに適したインサイジング処理機の試作を行った。それらの結果は以下のとおりである。

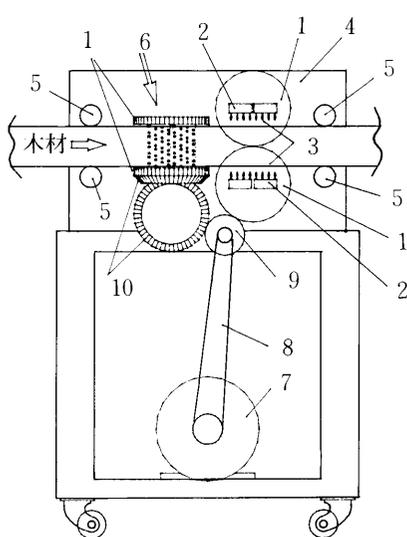
- (1) 基準の要求する浸潤長はエゾマツおよびトドマツ正角材の場合木裏側から16mmであるが、これを満足する蒸煮処理条件はトドマツで150℃-100分、エゾマツで150℃-250分であった。これらの条件での曲げ強度の残存率はそれぞれ75%、47%であり、ヤング率のそれは94%、69%であった。
- (2) 蒸煮処理材中央部から採取したサンプルの走査型電子顕微鏡観察では、注入性が大きくなっているにもかかわらず、有縁壁孔の劇的な変化は認められなかった。ただし、孔隙性の増加が明らかに認められた。例えば、上記の蒸煮条件では全細孔容積が若干増加し比表面積は減少して平均細孔容積が大幅に増加した。
- (3) ホウ酸類溶液を用いての拡散処理では、規定の浸

潤長を確保できる見通しを得たが、溶脱を防ぐ方法については確立されていない。

- (4) 3年度に決定したインサイジングパターンをもとにしてインサイジング機を試作した。試作機の概要を第1、2図に示す。この機械は、連続してカラマツ正角材(3.65m)の一面を約60本処理する能力を持ち、それに要する時間は20分である。使用する刃は直径4.8mmのコンクリート用釘であり、これは60本の処理ごとに全部交換する方式をとっている。この装置による処理した材の強度低下は約30%であった。
- (5) エゾマツに対して上記のインサイジング方式を採用するために、釘孔からのCCAの浸潤状態を観察した結果、直径1.7mmの釘では深さ20mmのところまで繊維と直角方向で約3mm、繊維方向では約111mmの浸潤長が得られることが分かった。

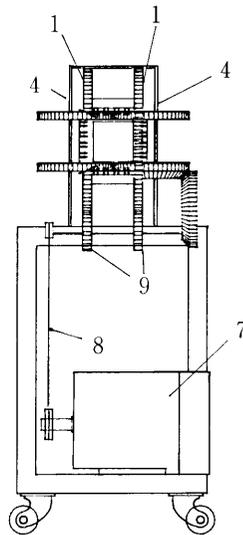
本研究は、事前の課題検討を経て3年から2年間の計画で、耐久性能科をはじめとする5研究科によるプロジェクト研究として実施されてきた。しかし、インサイジング技術の改良と蒸煮処理の適正条件の設定について、さらに検討すべき課題が残されている。そのため機械科、耐久性能科および物性利用科で引続き5年度に経常研究として継続する予定である。

(平成3年度～平成4年度)



第1図 試作品側面図

Fig.1. Side view of the incising machine



第2図 試作品正面図

Fig.2. Front view of the incising machine

- 1 歯車 Sprocket
- 2 回転梁 Rotating beam
- 3 釘保持板 Nail holding plate
- 4 釘 Nail
- 4 支持板 Support plate
- 5 回転ロール Holding plate
- 5 回転ローラー Roller
- 6 ユニット対 A couple of nail holding plates
- 7 原動機 Motor
- 8 チェーン Chain
- 9 歯車 Sprocket
- 10 ベベルギア Bevel gear

(伊東主任研究員, 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 外装用集成材の透明塗装技術

Development of Transparent Finishing for
Laminated Timber

窓や外構部材としての集成材の用途が増大しつつあるが、その塗装は木材保護着色剤を用いるために生地
の美観を十分生かしていない。そこで、本研究は集成材
を対象とした素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
を確立することを目的とした。

平成4年度は、塗料の耐久性向上のための添加剤
(紫外線吸収剤, 光安定剤, 防腐処理剤)の効果を調
べ、種類、添加量の最適条件を検討した。塗料とし
て、下塗りにポリブタジエン系塗料、上塗りにフッ素
系樹脂塗料を使用した。塗料としては、変性ポリウレ
タン、ウレタイト外部用ワニス、ポリブタジエン+フ
ッ素樹脂、ガードラックの4種類を用い、防腐剤とし
てはサンプルザー OP、キシラモン EX、ニチノーバ
リサイド油剤の3種を用いた。促進劣化試験は、サン
シャインウェザーメーターを使用し、防腐効力試験は
JIS Z 2119に準じて評価を行った。結果は以下のとお

りであった。

塗膜耐久性への紫外線吸収剤, 光安定剤の効果
は、色差, 光沢保持率, 表面性状の変化から総合的に
判断して、顕著な効果は認められなかった。防腐効力
性能は、防腐処理間で有意差が認められたが、塗装処
理間では顕著な違いが認められなかった。

(平成3年度~平成10年度)

(接着塗装科, 耐久性能科)

1.6.2 針葉樹型枠用合板の不織布を利用した表面 処理技術の開発

Development of Treatment Technologies
for Softwood Concrete Form Panel Surface
Using Non-Woven Fabric

(平成4年度)

(合板科)

1.7 新加工技術の開発

Development of New Processing

1.7.1 ツイン帯のご盤を用いた多角形柱材の 製材技術

Sawing Technology for Polygonal Pole
with Twin Band Headrig (End-Dogging Carriage)

ツイン帯のご盤の木口支持(エンドドギング)式送
材の回転機構を利用して、六角柱および八角柱の製材
を行った。

現在の装置は自動運転では90°の回転しかできな
い。それは油圧装置が90°分しか動かないようになっ
ているためである。六角柱の場合は60°ずつ2回(全

第1表 多角径柱の歩留まり

Table 1. Recovery about polygonal pole from log

(%)

径級 Diam.		カラマツ Japanese larch			トドマツ Todo fir		
		6角柱 Hexagon	8角柱 Octagon	偏平8角 Flat octagon	6角柱 Hexagon	8角柱 Octagon	偏平8角 Flat octagon
14	主材 Main	63.6	91.4	66.9	63.6	91.4	66.9
	副材 By-products	6.9	9.2	20.0	9.0	0.7	14.6
16	主材 Main	48.7	70.0	—	48.7	70.0	51.2
	副材 By-products	10.8	6.3	—	15.3	7.8	17.8
18	主材 Main	38.5	55.3	40.5	38.5	55.3	—
	副材 By-products	23.7	11.5	19.8	31.2	11.2	—

Note: Saw-blade distance, for hexagon is 120mm, for octagon is 140mm, for flat 8 are 100 or 140mm.

120°), 8角柱の場合45°ずつ3回(全135°)あるいは90°, 45°, 90°(全225°)の回転が必要である。そこで、回転量を示す目盛を付け手動により回転させ挽き立てを行った。製品挽き立ては用途をログハウス用を想定して、鋸間距離6角120mm, 8角140mm, 偏平角100, 140mmとした。副材はカラマツは梱包材, トドマツは一般建築材である。

歩留まりを第1表に示す。原木径級と鋸間距離の差が小さい径14cm, 8角が100%に近い値を示した。原木の曲がりは、原木径級と鋸間距離の差が小さいほど製品の丸身に影響した。

この他に、送材車の中心のズレが製品に影響することが分かった(正角を挽く場合は大きな影響が出ないため本試験まで見つからなかった)。よって、正角より機械の精度が必要となる。

作製した多角形柱は、心持ち材であり乾燥による狂いや割れが商品価値に影響するため、現在天然乾燥を行っており、その影響について検討する予定である。

(平成4年度)

(製材科)

1.7.2 接着層着色LVLの製造技術の開発及び性能評価

Production and Properties of LVL with Colored Glue Layer

(平成4年度)

(合板科)

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

2.2 乾燥工程の合理化

Rationalization of Drying Process

2.3 集成材製造工程の合理化

Rationalization of Manufacturing Process for Laminated Wood

2.3.1 強度等級区分ラミナを用いた集成材の強度性能評価

Properties of Glued - Laminated Timber with Mechanically Graded Laminae

近年、建築基準法の改正や木の良さが見直されるなど、木造建築に村する期待が高まり、公共建築物を中心に大規模木造建築物が増えつつある。また、「針葉樹の構造用製材の日本農林規格」が制定され、機械的等級区分が導入された。

このような背景から、機械的強度等級区分ラミナを用いた構造用大断面集成材の強度性能を検討し、断面設計法の確立を目指してこの実験を行った。

平成4年度は、供試材としてトドマツを用いた。

原木から製材、乾燥したラミナ原板を所定寸法に加工してラミナの曲げ、引張試験および集成材の製造、曲げ強度試験を実施した。

集成材の断商寸法は15×15cm, 15×30cm, 15×60cmの3種類で、各々5体作製した。

構造用大断面集成材の日本農林規格では、材せいが大きくなると曲げ強度が低下する傾向を低減係数で補正することになっている。平成3年度に実施したカラマツ集成材の試験結果では、材せい160cmにおける曲げ破壊係数が著しく低い値を示したが、今回のトドマツ集成材ではそのような傾向は認められなかった。

縦継ぎラミナの接合効率率は、蹄げで約0.7, 引張で約0.65であった。

集成材の曲げ強度は、ラミナの引張強度に強く支配され、材せいの10%程度の厚さを占める引張側のラミナ強度によって決定されるといえる。

(平成3年度~平成5年度)

(材料性能科, 製材科, 加工科)

2.4 合板製造の工程の合理化

Rationalization of Manufacturing Process for Plywood

2.4.1 乾式接着方法による薄物道材合板の製造

Production of Thin Plywood with Film Glue Made of Urea - Formaldehyde Resin

薄物道材合板（厚さ1.5~2.0mm）が製造されているが、通常の湿式接着法では、接着剤塗布が容易ではなく能率的に製造することは難しい。これを接着フィルムで製造できれば塗布作業が不要となり、容易に製造することができる。そこで、ユリア樹脂による接着フィルムの製造方法の開発、およびこれを使用して薄物道材合板を製造する方法について検討した。

平成3年度は、適当なフィルムの基材と潜伏性硬化剤の選択、およびフィルムの製造条件について検討した。その結果、基材は不織布が、潜伏性硬化剤はイミドジルスルホン酸を主成分とする硬化剤が適当であった。製造条件は乾燥温度70℃、乾燥時間20分、潜伏性硬化剤の添加量1.5~2.0%が適当であった。

4年度は、実大サイズの接着フィルムと薄物合板（2.1mm×90cm×180cm）を製造し、フィルムの保存期間と接着性能および合板の狂いについて検討した。

なお、接着性能は普通合板のJAS-2類に相当する性能を目標とした。その結果の概略は以下のとおりであった。

(1) 保存期間と接着性能

製造して1週間保存後（温度は20℃）のフィルムを使用した合板の接着性能はJASに合格したが、2週間保存後のフィルムで製造した合板の接着性能は不安定でJASには合格しなかった。したがって、安定した接着性能を得るには製造後1週間以内のフィルムを使用することが望ましい。

(2) 製造方法と狂い

湿式法と乾式法で製造した薄物合板の狂いを比較すると、製造直後（2~3日後）は明らかに乾式法が小さかった。ただし、長期間放置後（6か月後）はほとんど差はなくなった。

（平成3年度~平成4年度）
（合板科）

2.4.2 針葉樹合板の製造試験

Production of Softwood Plywood

地球環境保護の問題から、コンクリート型枠用合板の原木は南洋材から針葉樹材への樹種転換が迫られて

いる。しかし、針葉樹合板は南洋材合板に比べると強度、狂いの面でやや問題があるといわれている。そこで、針葉樹合板の製造条件と性能について検討した。

平成3年度は道産カラマツ、道産トドマツ、ラジアータパインの合板、およびこれらの樹種を心板として表裏に南洋材を使用した複合合板を製造し、表裏板の厚さ（1.0, 1.5, 2.0, 2.5mm）、プライ数（5, 7プライ）と曲げ剛性および狂いについて検討した。その結果の概要は以下のとおりであった。

(1) 曲げ剛性について

道産カラマツ・トドマツの合板は、曲げ剛性にバラツキが多いが、表裏板厚さが1.5mm以下では、コンクリート型枠用合板のJASの規格値（ヤング係数70tonf/cm²）に達しない合板が多い。2.0mm以上になるとほとんどの合板が規格値以上の曲げ剛性を示した。

複合合板でも心板の樹種にかかわらずほぼ同様の結果を示したが、すべて針葉樹の合板と比べるとバラツキが少なかった。

ラジアータパインでは、1.5mmでも規格値以上の曲げ剛性を示した。

プライ数が7プライになると、5プライに比べ曲げ剛性のバラツキが少なくなった。

(2) 狂いについて

表裏板厚さと狂いおよびプライ数と狂いの関係については、今回の試験では相関は見いだせなかった。

道産カラマツでは複合によって狂いが減少したが、道産トドマツ、ラジアータパインでは大きな差はなかった。

（平成4年度~平成5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 割着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

北海道における割箸製造は、中国等からの低価格製品の輸入増、従業員の高齢化、人手不足等により企業経営が次第に困難となりつつある。

現在、割箸の製品選別は多くの人手に頼っており、また習熟に期間を要する工程であることから、早急に工程の自動化・省力化を進める必要がある。

平成3年度は、種々のセンサの色判別精度について検討し性能を把握した。また、測定機構についても検討を加えた。

4年度は、断裁後の選別工程での選別を目的に割箸の品質評価方法、定量供給・測定・判断・仕分けの連続化方法、選別装置の実用試作機的设计について検討を行った。

(1) 割箸の品質評価は、視覚認識装置を用いて測定・判断を行う事とし、装置を導入して実験を行った。その結果、形状・色・節等の欠点の識別に関しては欠点材のほとんどに関して識別・判断を行うことができた。

(2) 選別工程は断裁直後に設けるものとし、定量供給・測定・判断・仕分けの連続化方法の検討を行った。その結果、下記のとおり行う事とした。

割箸断裁後、加振機によりパレット内に整列させる。

粗大割箸を回転ブラシにより除去する。

割箸を横方向に移動し、チェーンコンベアに乗せ換えることにより小片を除去する。

視覚認識装置により良品・不良品の識別を行う。

選別装置により不良品を別のコンベアに乗せ換える。

(3) 処理速度は視覚認識装置自体では0.12秒/膳の認識が可能となった。現行の断裁速度は0.15秒/膳であり十分対応可能であることが確認された。

(4) 前述の方法に基づき実用試作機的设计図を作成し、機械メーカーを交えて検討したところ、おおむね問題がないことが確認された。

(平成2年度～平成4年度)

(製材科, 機械科, 滝上産業株式会社)

3. 開発製品の市場性の評価

Assesments of Market - Performance of Developed Products

3.1 市場性の分析

Analysis for Market - Performance

3.1.1 木材業における経営改善

Manage Improvement of Wood Industry

(1) 製材の技術診断に関するエキスパートシステムの開発

わが国の労働状況は急速に変化しつつあり、3K(危険・きつい・汚い)の業種の敬遠など、若手労働者の製造業離れが続いている。特に企業体質が脆弱な木材産業は若手技術者の育成が進まず、労働者の高齢化を余儀なくされている。しかし、木材の製材・加工は原料となる木材の不均一性、単純ではあるが高度な知的判断や経験的判断を必要とすることが多い。

このような状況の中、本道の木材業においても、熟練者の高齢化、後継者不足から技術者が経験とか伝承の中から蓄積したノウハウの継承が困難になっている。

こうした個人に属するノウハウを一般化させ、未経験者でも作業可能な判断システムの確立が、これからの木材加工工場にとっては有効な手段と考えられる。

これら問題解決の一方法として、エキスパートシステム構築用シェルが市販されている。エキスパートシステムとは、専門家の知識を知識ベース化し、推論を行って専門家と同程度の能力で高度な問題解決を行うことを目的とした支援システムをいう。知識ベースの蓄積は、通常「if A then B」のような、条件節の形で手続き的な知識として記述される。

このシェル(大創玄, エーアイソフト)を利用して製材技術診断エキスパートシステムの開発を行った。

また、製材工場の経営者向けに簡便な経営診断のエキスパートシステムの開発も行った。

(1) - 1 製材技術に関する知識ベースの蓄積

a) 教科書として「製材工場 - 技術診断必携」(安藤実, 全国林業普及協会, 昭和44年)を参考にした。

b) アンケート調査

第1表 製材技術診断用アンケート調査用紙
Table 1. Questionnaire of expert system for milling technique

現象	原因	関係が ←低い 高い→							確信度(%)
		(社)							
		非常に	かなり	やや	どちらとも	やや	かなり	非常に	
挽材能率が悪い	<ul style="list-style-type: none"> ・製造機械の性能が悪い ・機種選定の誤り及び各機械のバランスがとれていない ・機械の配置が悪い ・動力が不足している ・搬送装置が不十分か、不適当である ・原木の材質(樹種)及び径級がまちまちである ・原木の前処理(剥皮、砂落し等)が行われていない ・ノコの性能が悪い ・回転数(ノコ速度)がひき材種に合っていない ・ひき材技術が未熟である ・木取りが難しい 								
挽曲がりが生じる	<ul style="list-style-type: none"> ・本機の回転数が不足している ・レール及び車輪が摩滅している ・オフセット装置の作用が不完全 ・ノコ車の軸間距離が長い ・ひき材中に本機の回転がおちる ・左右レールの高低差、山型レールの直線度不良及びレールや十台のタワミがある ・ストッパーが作用していないか、片ぎぎの場合 ・本機の回転がひき材種に合っていない 								

製材製品に現れる欠点および挽材中の現象と原因の因果関係の度合(確信度)を設定するために、アンケート調査を旭川地区木協傘下の製材工場64企業を対象に行った。アンケートの有効回答数は30企業で47%だった。製材現象項目として、1挽材能率が悪い。2挽き曲がりが生じる。3鼻曲がりが生じる。4挽き肌が悪い。5歩ムラが多い。6鋸身に亀裂が生じる、など24項目を設定。これら各々の現象の原因200項目を、7段階評価で記入してもらった(第1表)。

(1)-2 システムの構築

この回答と聞き取り調査および教科書を基に現象と原因関係の整理を行い、原因の絞り込みと解決のための解説を入力、その原因確率の高いものから順次推論を行い、製品の欠点・現象および原因解決のためのエキスパートシステムを構築した(第1図)。

(2) 木材業の経営診断に関するエキスパートシステムの開発

自企業の経営分析を、一般的な経営指標項目の設問に対し回答することにより、何が問題点を指摘するシステムを構築する。

本システム開発に、データ入力・経営指標の計算に

は表計算ソフトを、診断には大創玄を、途中理解を助けるために必要な各種グラフにはC言語を用いた。

本システムのフローは大きく分けて、メインメニューが2つと、それに付随するサブメニューによって構成されている(第2, 3図)。これらのジョブ切り替は、バッチファイルに記述されている。

まず初期作業として、診断する企業の財務諸表(損益計算書、貸借対照表、製造原価報告書)を3期分入力する。財務諸表を基に経営指標を自動的に計算しその値から各種診断(診断される項目は前図参照)を行う。これにより、財務諸表から読み取れる問題点を把握することができる。

今後両システムの有用性についての検証を繰り返す、それをルールに反映させ問題解決の精度を高めるとともに、乾燥、合板についてもシステムの展開を図る。

(平成4年度~平成6年度)

(経営科)

3.2 製造コストの低減化

Reduction of Manufacturing Cost

§ ルール番号 20

もし

1) レールの直線度は“既定値外” (+100 <= 確信度 <= +1.00)

ならば

1) 問題点は“山型レールの直線度”と考えられる (確信度 = +1.00)

3) 接合子優先順位：または

4) 解説

★山型レールの直線度

§ ルール番号 21

もし

1) レールの高低差は“既定値外” (+0.20 <= 確信度 <= +1.00)

ならば

2) 問題点は“山型レールと平型レールの高低差”と考えられる (確信度 = +1.00)

3) 接合子優先順位：または

4) 解説

★山型レールと平型レールの高低差

§ ルール番号 22

もし

1) ノコ車面は“まっ直ぐではない” (+0.20 < 確信度 <= +1.00)

かつ 2) ノコ車面の中央部が“低い” (+0.20 < 確信度 <= +1.00)

または 3) ノコ車面の中央部が“高い” (+0.20 < 確信度 <= +1.00)

ならば

4) 問題点は“ノコ車面の真直度”と考えられる (確信度 = +0.80)

5) 接合子優先順位：または

6) 解説

★ノコ車面の真直度

§ ルール番号 23

もし

1) のこは挽き材中に後退“する” (+1.00 <= 確信度 <= +1.00)

ならば

2) 問題点は“ノコ車面の真直度”と考えられる (確信度 = +0.60)

3) 接合子優先順位：または

4) 解説

★ノコ車面の真直度

§ ルール番号 24

もし

1) のこは挽き材中に後退“する” (+1.00 <= 確信度 <= +1.00)

ならば

2) 問題点は“緊張装置”と考えられる (確信度 = +0.50)

3) 接合子優先順位：または

4) 解説

★ノコ車面の真直度 < - 緊張装置

§ ルール番号 25

もし

1) 山型レールの状態は“良い” (+0.20 <= 確信度 <= +1.00)

または 2) 山型レールの状態は“悪い” (+0.20 <= 確信度 <= +1.00)

ならば

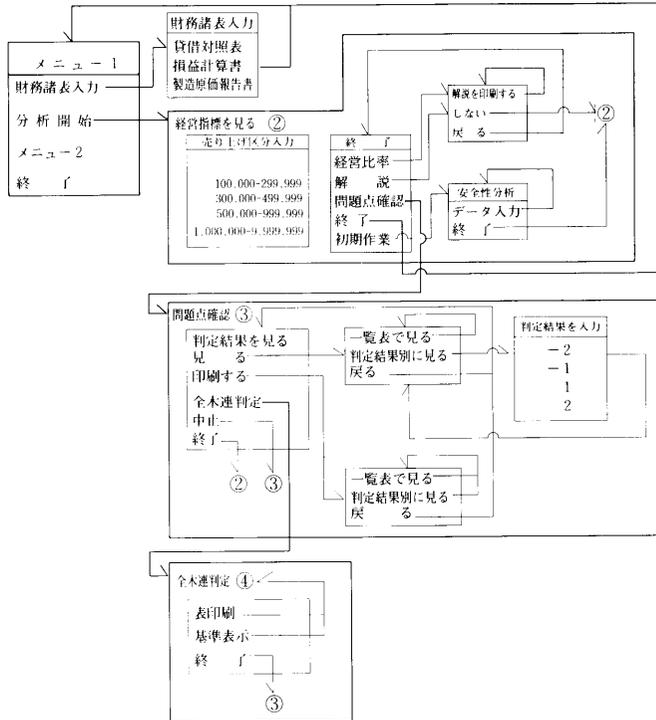
3) 問題点は“車輪の摩耗”と考えられる (確信度 = +0.50)

4) 接合子優先順位：または

5) 解説

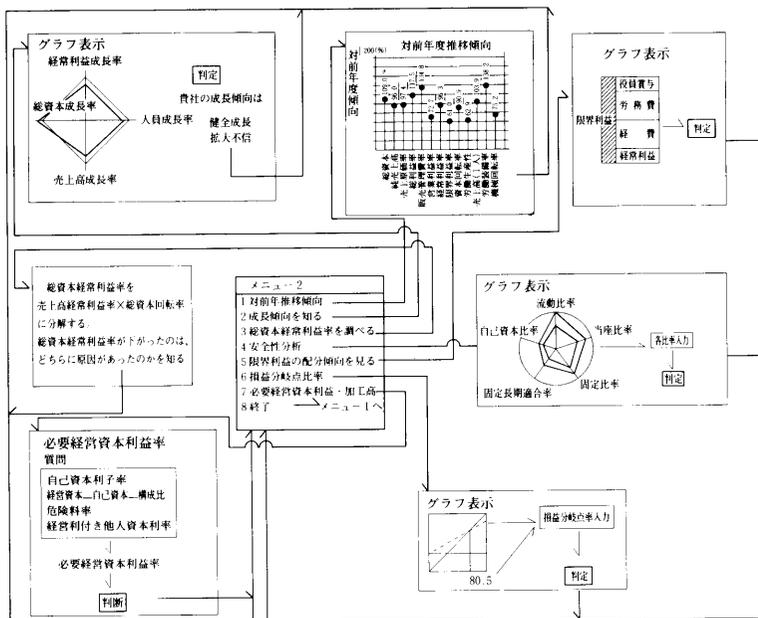
★車輪の摩耗

第1図 ルールの入力例
Fig.1. An Example of System rules



第2図 メニュー1のフロー

Fig. 2. Flowing of menu - 1



第3図 メニュー2のフロー

Fig. 3. Flowing of menu - 2

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 Physical 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 Materials 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を検討し、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。フェノール樹脂接着剤と古紙を結合材として用いたが、古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年度は、木炭ボード製造時に難燃剤としてリン酸水素二アンモニウムを、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1cmと2.5cm厚さの難燃木炭ボードを作製した。1cm厚さのボードは2.5cm厚さのカラマツ集成材をコアとして表裏面にはり、2.5cm厚さのボードの表裏面には、難燃処理した1.2cm厚のトドマツ集成材を両面にはって、それぞれ三層構造の積層難燃木炭ボードを作製した。防火ドア用のJIS A 1311に基づく耐火試験の結果、いずれも、60分の耐火性能があることが分かった。

4年度の結果は、以下のとおりである。

(1) 難燃木炭ボードの性能評価

防火性を有する炭素系成形物（ドア）の製造技術上の問題点を把握するため、3年度同様木炭粉、リン酸水素二アンモニウム（10~20%）、粉末フェノール樹脂接着剤（10~20%）を配合し、熱圧成形してボードを作った。そしてこのボードの防火性をガスバーナーによる燃え抜け試験と大型加熱炉による燃焼試験で評価した。

ガスバーナーによる燃え抜け試験では、比重が大きいほど、燃え抜けに時間がかかった。このとき、難燃剤の添加率は10%、20%のいずれも、接着剤の添加率は10%の方が時間がかかった。大型加熱炉の燃焼試験では、裏面温度が木材の発火温度の260℃に達する時間は、接着剤添加量15%のときが最も長かった。

(2) 木炭の環境浄化機能の検討

① 農薬に対する木炭の吸着機能の検討

ガスクロマトグラフを用いて、ゴルフ場で使われている除草剤 MCPP、ダイカンバ、殺虫剤ダイアジノン、ピリダフェンチオン、フェニトロチオンの5種類の農薬の分析方法を検討し、カラマツ木炭の吸着性能を調べた。

その結果、ガスクロマトグラフを用いて農薬を測定するときの溶媒（アセトン、ヘキサン）、カラム温度（180~280℃）、キャリアーガス流量（50ml/min）などの最適条件と、検出限界（5~50ppm）を見いだした。カラマツ木炭等数種類の木炭に農薬吸着能力があることを認めた。

② 炭化物の吸臭能力の測定

ニオイセンサーおよび検知管を用いて、経時ごとのカラマツ木炭の臭いの吸着性能を調べた。

ニオイセンサーのセンサー素子の種類によって、臭い成分に対する感度の違いがみられた。

検知管の測定により、カラマツ木炭のアンモニアに

対する吸着能は初期濃度が277ppm, 4, 432ppmいずれの場合も、2時間で94%吸着しており、2時間でほぼ飽和状態に達することが分かった。

(3) 吸油材の製造技術の開発

植物繊維を原料とする吸油材の製造技術を開発するため、トドマツファイバー、古紙等12種類の植物性繊維を用いて炭化物を作り、吸油量が多く、かつ吸水量が少ない炭化条件を検討した。油種としてはA重油、B重油、サラダ油等を対象とした。

トドマツファイバーを熱処理した結果、その熱処理物の吸水量は熱処理温度350前後が最も少なく、ほぼ0g/gであった。トドマツファイバーの300での熱処理物は、38.5g/gのB重油、25g/gのA重油、24g/gのサラダ油を吸着することが分かった。これは、運輸省の排出油防除資材の吸着材の性能試験基準(B重油で6g/g以上、水は1.5g/g以下)に十分合格する。そこで「油吸着材」として、特許申請中である。

共同研究については、1.1.2項に記載した。

(平成2年度～平成5年度)

(物性利用科, 耐久性性能科,

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

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栽培等に対する効果を検討することを目標とした。

平成3年度は、一定範囲以外の低温および高温炭化物は重金属の吸着能を低下させることを明らかにした。

4年度は、以下について検討した。

(1) 供試用炭化物の製造と物性

実験炉として自然式の急速炭化炉を用い、カラマツ

のこくずを炭化温度が300, 400, 500, 600, 700 になるように調節し、10または60分間保持して炭化した。

農業用施用木炭粉には3年度報告の木炭粉を用いた。また、海水浄化素材評価試験に用いる木炭には、カラマツ黒炭(破碎木炭)、ナラ白炭(木炭(白))、ペレット炭、オガ炭(白, 黒)を用い、オガ炭および木炭(白)については、16~20mmに切った後、流水中で洗浄した。

以上の木炭粉および木炭の容積重、水分、灰分、揮発分および固定炭素、PH、孔隙性(比表面積、全細孔容積、平均細孔半径)、精練度を測定した。

その結果、炭化物の容積重は、自然式急速炭化炉木炭粉(以下、自然式と略す。)では高くなった。PHは、自然式の600では外熱式炭化炉木炭粉(3年度報告。以下、外熱式と略す。)より低くなった。揮発分は、自然式では500で大きくなった。灰分は、自然式が外熱式よりも多かった。固定炭素は、自然式が外熱式に比べ低温域では高く500以上で低かった。精練度は、高温炭化ほど小さく、木炭粉でも600以上の炭化物であれば測定可能と思われた。比表面積は、自然式が外熱式より大きく、特に500以上で急激に大きくなった。平均細孔半径も、自然式は外熱式に比べて小さくて、400以上では実用ブロック炉木炭粉に匹敵した。

海水浄化供試木炭の比表面積については、ミクロ部ではオガ炭(白)と破碎木炭が大きく300~400m²/gであるのに対し、木炭(白)は1m²/gであった。一方、マクロ部では木炭(白)が21m²/gと大きく、その他の木炭類は2~9m²/gであった。平均細孔半径はミクロ部では10~18であり、いずれの木炭類も大差はないが、マクロ部では破碎木炭が4800を示し最も大きかった。また、木炭(白)は505と若干小さかった。

炭化度は木炭(白) > オガ炭(白) > ペレット炭 > オガ炭(黒) > 破碎木炭の順に大きくなっていった。

(2) 木炭の浄化効果の把握

ろ材には、上記の5種類の木炭と、対照として人工

軽石、ナイロンウールと、広く使用されている珊瑚砂を使用した。このうちオガ炭(黒、白)、木炭(白)については、径15mm以下に破碎し、7mmのふるいで細かい粒子を除いた。ろ過器には3年度と同様の60ℓ水槽用上面設置タイプのものを使用した。

浄化バクテリアが繁殖すると、魚が排出するアンモニアが亜硝酸を経て、硝酸へと分解する。そこで、ろ材の表面に浄化バクテリアを繁殖させるため、100ℓ水槽にろ材を入れたろ過器を4個ずつ設置し、全長10cmのクロソイを7尾ずつ収容して給餌飼育し、随時アンモニアと亜硝酸の濃度を測定しながら、これらの濃度が低下するまで61日間ろ材を熟成させた。

容量60ℓの水槽9基にろ材の熟成が完了した8種のろ材および対照区としてろ材なしのろ過器を設置し、体重25g前後のクロソイを各3尾ずつ収容し給餌飼育した。飼育期間は48日間で、この間1週間置きにpH、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素を測定した。また、開始時と終了時に魚体を測定した。飼料にはマダイ用配合飼料を使用し、週に3回程度摂餌行動がなくなるまで給餌した。なお、全く摂餌しない場合も1水槽につき飼料ペレット3粒(約0.3g)を給餌した。

飼育試験では、試験開始時と終了時の魚体測定の結果、全ての試験区で成長が認められたものの、体重の増加率は4.5~26.8%とバラツキが大きく、珊瑚砂26.8%、軽石18.0%、木炭(白)17.7%、破碎木炭16.8%の順で良かった。オガ炭区の増加率は黒白ともにろ材を使用しなかった区と差がなかった。

水質の測定結果、ろ材を使用しなかった区以外ではいずれもアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素ともに0.1ppm以下で推移しており、硝酸態窒素が増加していることから、供試木炭は、ろ材として十分に機能していたと考えられた。ろ材を使用しない区ではアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素とも次第に増加し、試験終了時にはそれぞれ4.3ppmと1.06ppmに達した。なお、ろ材を使用しない区でも、少量ではあるが硝酸態窒素が生産されていた。

給餌された餌のうち、摂餌、消化吸収されたもの以外

は水に溶けて分解され、アンモニアが生産される。また、魚の代謝でタンパク質が利用されるとアンモニアが排泄される。したがって、魚の重量増加分のタンパク質以外は水中に放出されたと考えられる。

5種の木炭とそれ以外のろ材を浄化バクテリアの担体として使用したところ、いずれの区でもアンモニアは速やかに硝酸に変えられており、今回の窒素負荷では硝化能力に差は認められなかった。しかし、魚の成長はむしろ珊瑚砂、人工軽石の方が良好で、特にオガ炭区の成長の成績は悪かった。なお、今回はろ材の粒径がまちまちで、単位容積当りの表面積が異なっており、浄化能力の厳密な比較はできない。これらのことから今後は粒形を揃え、窒素負荷をさらに高くして試験を行う必要がある。また、オガ炭(白)と木炭(白)区では飼育水中の窒素が3割前後減少した。硝酸は魚には無害であるとされているが、飼育が長期になると硝酸の蓄積によるpHの低下等の弊害があるため硝酸の除去が課題となることから、今後長期飼育における脱窒素作用の有無を調べる必要もある。(中央水試)

(3) 木炭粉の吸着機能評価

① 供試木炭粉の物理的性質

木炭粉の物理的性質は、4年度作製のサンプルの容積重についてみると炭化温度に比例して重くなる傾向がみられ、これと連動して最大容水量が減少する傾向にあった。なお、その値は一般土壤に比べ2~3割だった。一方、易有効性水分は600℃まで増加の傾向を示すが、700℃で減少し、400℃の水準まで低下した。なお、この値は300℃を除くと畑地基準地の10倍弱の値であり、高い保水能を示した。以上の結果から、木炭の保水性を期待する場合、炭化温度は500℃以上であればよいと推定された。

② 肥料成分の吸着試験

肥料成分の吸着試験には1規定-NaOHでpH7.0に合わせた0.2モル-硝酸カリウム水溶液および0.2モル-リン酸一アンモニウム水溶液を調製し、木炭粉2.5gに対して溶液25mlを加え、24時間室温で振とうした。ろ液中の窒素、リン、カリウム含有量を測定し、プランクとの差を吸着量とした。

まず肥料の吸着実験を行う前に木炭粉の化学的性質を検討した。pH・EC（電気伝導率）・CEC（塩基交換容量）は3年度の試料とほぼ同じ値を示したが、無機成分は3年度より炭化温度による変動が大きかった。また、水溶性の塩基、リンがわずかながら認められた。有効態のリンもわずかに認められ、高温になるにつれて微増した。したがって、これら無機成分の吸着能はあまりないと推定された。次に肥料成分の吸着実験を行ったが、窒素・リン・カリウムの吸着はみられなかった。

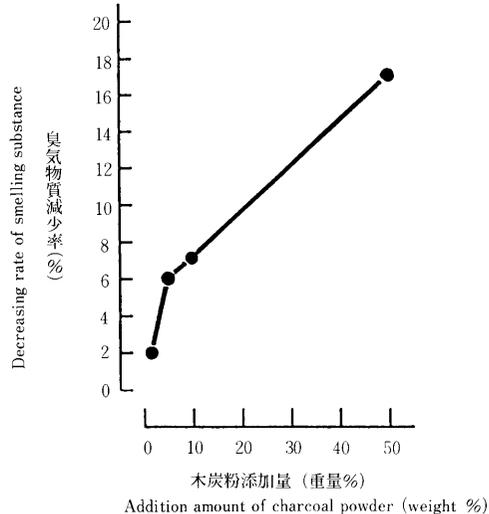
③ ベンチオカーブの吸着試験

水田除草剤ベンチオカーブの吸着試験では、各濃度のベンチオカーブ水溶液に木炭粉を加えて振とうし、水溶液中に残ったベンチオカーブをガスクロマトグラフで定量した。供試液含有量との差を吸着量とし、供試液含有量に対する吸着量の比を吸着率とした。

バッチ法により各サンプルにベンチオカーブを吸着させたところ、ベンチオカーブをほとんど全て吸着し、特に炭化前ののこくずにも高い吸着力がみられた。まず、実験炉サンプルについて炭化温度の影響をみると、吸着率は温度に比例して高くなったが、500℃以上のサンプルでは吸着率は、全てほぼ100%だった。また、吸着特性をみると、500℃以上の場合には溶液濃度が高くなるにつれて、吸着力は少し落ちたが、400℃のサンプルでは逆に低い濃度で吸着力が落ちた。以上より、500℃以上の炭化物であればベンチオカーブはほぼ100%吸着され、炭化時間の影響も少ないことが分かった。次に、実用炉で生産された木炭粉の吸着力をみると、吸着率は概ね90%以上だったが、これは炭化前ののこくずとほぼ同じ値であり、今回の実験で実用炉木炭粉の有用性を示せなかった。しかし、効果の持続性などの点で木炭粉の方が優れていると思われるので、カラム法での検証が必要と思われる。

④ 粒状コンポスト臭の吸着試験

粒状コンポスト臭の吸着試験ではそれに木炭粉を重量割合で加えて1時間以上放置した後、人間の臭覚と高い相関を示すニオイセンサーを用いて、臭気物質を



第1図 木炭粉添加量と脱臭力の関係

Fig.1. Relationship of addition amount and deodorizing power of charcoal powder

※ 700℃、1時間炭化のサンプル使用
Sample from carbonization at 700℃ in an hour

測定した。そして粒状コンポストの測定値から木炭粉を加えて放置した後の測定値を引いた値を臭い物質の減少量とし、その割合を減少率とした。

まず、粒状コンポストに実験炉木炭粉を10%加え、脱臭力を比較したところ、炭化温度500℃が最も高い値を示した。その後は炭化温度が上がるにつれ脱臭力が落ちた。

次に、カラマツの700℃、1時間炭化木炭粉を使ったときの添加量と脱臭力の関係を第1図に示す。添加量に比例して脱臭力が強くなった。官能試験では、10%添加で臭気が薄くなり、50%添加でほとんど臭いがなくなった。以上より脱臭効果を期待する場合、500℃程度で十分であることが分かった。（中央農試）

(4) 施設野菜栽培における木炭粉利用法の開発

① 塩類集積土壌における木炭粉による塩類吸着能力の効果確認試験

道南農業試験場内ビニールハウスで1㎡枠を用い試験を実施した。供試作物はトマト（ハウス桃太郎）、ホウレンソウ（ソロモン）である。供試土壌には養分が過剰ではないので、人工的に炭カル100kg/10aと硝安で窒素50kg/10aを20cmの深さまで混合した塩類

集積土壌を作成した。共通施肥量 (N-P₂O₅-K₂O kg /10a) はトマトの基肥20-20-20 (10cmの深さまで全層施肥), 炭カル100kg /10a, 追肥5-0-5 (定植45日目, 1段, 3段果収穫時に施肥), ホウレンソウは10-10-12, 炭カル440kg /10aである。

その結果, トマト, ホウレンソウの生育は, 木炭粉無施用の場合, 塩類集積土壌では原土に比較して少なく, 塩類障害が認められた。ホウレンソウでは両土壌系列とも木炭粉施用により生育, 収量が増加した。トマトについてみると, 塩類集積土壌では, 木炭粉施用により塩類障害は軽減されたが, そのうち比較的少なく施用した2~5 t/10aの区では効果が認められなかった。また収量には木炭粉施用の影響が認められなかった。一方対照土壌では, 収量に木炭粉施用の効果が認められず, 窒素吸収量, 地上部生育量は木炭施用により減少した。

木炭粉ブロック炉 1 ton 当りの窒素吸着量は, 1.0kgと考えられた。この結果は3年度に中央農試が求めた木炭粉の窒素吸着量0.8kgとほぼ一致した。木炭粉の施用により土壌の孔隙率が増加し, 真比重が低下した。なお, 木炭粉施用によりpF1.5~2.3の保水力が増加した。以上の結果, 木炭粉には高塩類集積土壌における作物生育改善効果が期待された。特にホウレンソウでは木炭粉施用の効果が大きいと考えられた。

② 施設野菜に対する木炭の施用効果確認試験

七飯町の農家ハウス2か所 (A, B) で試験を実施した。A圃場は黒ボク土, B圃場は褐色低地土である。カラマツ間伐材のブロック炉木炭粉を0, 250, 500, 1,000kg /10a 施用し, ホウレンソウ (7月; トニック, 10月; ソロモン) を植え, 施肥量は農家の慣行法によった。

その結果, 木炭粉施用がホウレンソウの生育に及ぼす影響は認められた。ECが低い圃場では木炭粉施用によりホウレンソウは減収し, ECが高い圃場では増収する傾向にあった。(道南農試)

(5) てんさいの生長収量に及ぼす影響

① 木炭の種類と施用量に関する試験

木炭粉種類は樹皮平炉, 間伐材ブロック炉, 流動層炉水洗無しの3種類, 施用量は0, 100, 150kg /10aの3種類で作条施用とし, モノホマレ種を用い, 生育期における草丈, 生葉数および収穫時の収量, 品質を調査した(試験I)。

紙筒用土処理にはスターヒル種を用い, 紙筒用土に樹皮平炉5%施用, 無施用による発芽と生育期における草丈, 生葉数および収穫時の収量, 品質を調査した。(試験II)

発芽および苗床における生育は極めて順調であった。移植後に降雪があったため, やや活着が遅れた。しかし, その後の初期生育は順調であった。8, 9月の多雨により圃場は多湿状態となったが, 生育には影響はなく, 順調に成熟していった。

褐斑病の発生は少なく, その他の病害虫の発生は極めて少なかった。

試験Iにおいて木炭粉の種類および施用量について試験を行ったが, 草丈, 生葉数に対する効果は分散分析の結果認められなかった。また収量についても, 木炭粉の種類および施用量の効果は認められなかった。

試験IIにおいて木炭粉を紙筒の用土に5%施用した結果, 移植後の初期生育はほぼ無処理区と差がなく, 収穫時においても, 根重, 根中糖分および不純物価等には有意な差は認められなかった。

② 連作圃場における木炭粉施用試験

樹皮平炉木炭粉を用い, 施用量は連作区では0, 50, 100, 150kg /10aの4処理作条施用で, 輪作区では0, 100kg /10aの2処理作条施用である。生育時の草丈, 生葉数および収穫時の収量, 品質を調査した。

その結果, 木炭粉の施用によって連作区では根重, 糖量に明かな傾向は認められなかったが, 2~4輪作区では根重, 糖量は有意ではないが, 増加する傾向が認められた。また, 根中糖分については, 木炭粉の効果は認められなかった。

③ 大豆, 菜豆における木炭粉施用試験

木炭粉種類は, のこくず平炉, 流動層水洗なし, 流動層水洗ありの3種類, 施用量は0, 50kg /10a 作条施用の2種類の条件で, 収穫時の生育, 収量を調査し

た。

その結果、大豆、菜豆とも、木炭粉の種類および施用量の違いによる子実重の有為な差は分散分析の結果認められず、また、その他の調査形質においても差は認められなかった。(北見農試)

(平成3年度～平成5年度)

(物性利用科)

北海道立中央水産試験場、北海道立中央農業試験場、

北海道立道南農業試験場、北海道立北見農業試験場)

1.2 粉碎物としての利用技術の開発

Research and Development of Utilization

Technologies for Wood Particles

1.2.1 連続混合・成形装置を利用した応用技術の開発

Development of Applied Technology Utilizing

Continuous Mixing-Pelleting Machine

近年のこくずの需要は多に高まり、特にきのご培地としての用途は、高価格で取り引きされるため、林産業にとってのメリットは大きい。しかし、使用後の廃培地の用途となると限定され、新たな用途開発が必要となっている。また、最近ササの利用が注目され、とくに競馬用の飼料として珍重されているが、今後付加価値を高めた用途開発が求められている。そこで、当該において開発した連続混合成形装置を用いて、きのご廃培地・ささ・おから等による混合・成形試験を行った。試験の結果、きのご廃培地30、おから40、



第1図 連続混合成形装置と製品ペレット

Fig.1. Continuous mixing-pelleting machine and pellets.

ささ10、ふすま・米糠・醤油粕各5程度の混合比で良好な成形ペレットが得られた。処理能力(乾物重量)は当初の予想どおり360kg/h程度が得られた。牛による採食量は15分間で乾物重量2～3kgであり、嗜好性の高いといわれているアルファルファのキューブの参考値1.5kgと比較して嗜好性は高いといえよう。この成形ペレットは近く実用化される見込みである。

(平成4年度)

(機械科)

1.3 成分の利用技術の開発

Development of Utilization Technologies for

Constituents of Wood

1.3.1 ササ多糖類の生理活性(共研)

Biological Activity of Polysaccharides Prepared from Bamboo Grass, *Sasa senanensis*

Rehd.

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、ササ地面積は約500万ha、道全面積の60%、全森林面積560万haの90%に相当する。その蓄積量は生重で15,000万ton(乾重で7,500万ton)、本道の林木蓄積53,200万m³(乾重換算27,100万ton)の28%に相当し、未利用資源としては他に例をみないほど大きなものである。種は大別して、クマイザサ、チシマザサ、ミヤコザサ、スズダケの4種に代表されるが、クマイザサとチシマザサが全体の96%を占め、ミヤコザサとスズダケの資源量は極めて少ない。これらササ類は、無立木地で旺盛に繁殖し樹木の進入を許さない。造林地では、植栽後幼樹の保護のため下刈り作業を要し、天然更新地ではかき起こしによる除去が必要となる。このように膨大な蓄積量を有するササ資源も、森林施業上では単なる雑草に過ぎず、その防除に多大の労力と経費がかけられている。現在、わずかに一部が健康食品(ササ茶、ササ葉エキス、ササ葉微粉末)、手すきササ紙、放牧飼料、農作物支柱、民芸品材料などに使われている程度で、利用量は全体からみれば極めて少ない。ササ類を食、飼料、ケミカルなどに変換利用することは、食料自給率が低く、しかも

化石資源のほとんどを海外に依存しているわが国にとって、未利用バイオマス有効利用の点からも重要な意義をもつものである。また、ササ資源の高度利用は林地整備を促し、林業を基盤とする新たな産業を創出し、地域林業圏の活性化をもたらすものと期待される。

本研究は、資源量が最も大きく、近年健康食品として利用されているクマイザサを対象とし、葉を除いた利用度の低い稈部を化学的に変換し、有用成分を抽出利用するものである。そのためには、含有成分の化学的、栄養学的、薬理的性質の把握、さらに対象が多成分を含有する植物材料であるために、各成分の季節変動、有用成分を分離、抽出、精製するための適正な処理条件など、さまざまな面からの試験研究が必要となる。

平成4年度は、クマイザサ稈の含有成分の化学的性質の把握、さらにそれらの季節変動、ササ稈部多糖類の水溶化に及ぼす前処理条件、蒸煮抽出された多糖類の腸内細菌に対する生理作用を検討した。

(1) クマイザサ稈の含有成分の季節変動

ササは、木材など他の森林バイオマスと同様にさまざまな化学成分を含有し、個々の成分の含有量は生長段階や季節的に大きく変動することが知られている。そのためササ成分を利用する場合には、含水率、目的とする成分やそれを抽出する際に障害となる成分などの変動を事前に把握し、適切な収穫時期を決める必要がある。

そこで3年6月より翌年5月まで、積雪時期を除き、毎月初旬および中旬に下川営林署管内の林地よりクマイザサを採取し、葉部を除いた当年生および多年生稈の水分、灰分、熱水抽出物、有機溶媒（エタノール・ベンゼン、ヘキサン、エーテル）抽出物、デンプン、可溶性糖類、リグニンおよび構成糖を定量した。

当年生稈の水分量は、発筈直後の5月下旬には乾物量の6倍以上（607.7%）であったが、幼稈の生長に伴い急激に減少し、7月中旬には2.5倍となり、それ以降漸次減少し、翌年の発筈直前によく多年生稈の含水率レベルに到達した。一方、多年生稈の水分量

は年間を通じて100～120%とほぼ一定であった。

当年生稈の灰分量は、発筈直後高い値を示すが、幼稈の生長に伴い、含水率の場合と同様に急激に減少し、9～10月の木化完成期には2.2～2.4%とほぼ一定の水準に達する。これに対して多年生稈では年間を通じて2.0%～2.5%の範囲で推移し、顕著な季節変動は認められなかった。一般にササ類を含む禾本科植物は、木材と比較して灰分量が多いのが特徴である。クマイザサの場合も、比較的灰分含有量が少ない多年生稈でさえ、その値は広葉樹材の4～5倍に相当し、その大半は塩基性カリウム塩やケイ酸塩として存在していると思われる。

キシランの抽出利用を目的とする場合、抽出成分が多い原料は、それらが抽出キシランの純度を下げするために、最適の原料とはいえない。先ずササ類に多量に含まれている熱水抽出物についてみると、当年生稈は発筈直後乾物量の約1/4（25.7%）の抽出物を含有している。それは、幼稈の生長に伴い急激に減少し、夏期（6月中～9月初旬）に最小値を与え、それ以降は逆に漸次増加する経過をたどった。発筈直後の当年生稈の著量の熱水抽出物は灰分、可溶性糖類、フェノール類などだけでは説明できず、今後さらに詳細な分析が必要と思われる。多年生稈も当年生稈とほぼ同じ経過をたどるが、変動幅が小さいことや、変動の主因が熱水可溶性糖類にあることなどの特徴がある。当年生稈のエタノール・ベンゼン抽出物も熱水抽出と同じ傾向で変動し、幼稈と地下茎の生長が重なった夏期に最小値を示す。多年生稈では発筈前を除き一定値を示した。ヘキサン、エーテル抽出物では、発筈直後の当年生稈の含有量が高く、幼稈の生長に伴い減少し、7月中旬以降一定となる。一方、多年生稈の脂溶性抽出物量は発筈前を除き当年生稈より低く、変動幅も小さい。したがって、脂溶性抽出物は幼稈の初期代謝に深く関与しているものと考えられる。

当年生稈の可溶性糖類は夏期に最小値を示し、その後序々に増加し、翌年の発筈前に最大値を与える。デンプンは発筈前に急激に蓄積される。多年生稈の可溶性糖類やデンプンも当年生稈のそれらと同じ経過をた

どるが、発筈後の含有量の高いことが特徴である。

リグニン¹⁾は、多年生稈では季節を問わず一定であるが、当年生稈では幼稈の生長とともに増加し、その推移から9月～10月に木化が完成すると推定される。このことは構成糖組成でも認められる。すなわち、幼稈のペントザンは発筈直後と初期生長期には多く、木化が進むにつれて相対的に減少するが、ヘキサザンは逆に増加し、9月～10月のリグニン量がほぼ一定に達した時期に両者の比も一定となり、細胞壁がほぼ完成すると推定される。多年生稈の構成糖組成に変動は認められなかった。

以上の結果をまとめると、クマイザサ当年生稈の水分、含有成分およびそれらの組成比は、幼稈や地下茎の生長に密接に関係しており、季節的に大きく変動し、木化が完成する生長休止期前におおむね多年生稈の水準に到達する。多年生稈は、貯蔵物質である可溶性糖類とデンプンを除き、成分量とその組成比に季節変動は認められなかった。クマイザサを年生別に分けて収穫することは事実上不可能である。したがって、キシラン抽出原料として収穫する場合には9月の木化完成期以降が望ましい。

(2) ササ稈部多糖類の水溶化に及ぼす前処理条件の影響

2年10月、下川町で採取したクマイザサの葉部を除き、風乾後、ハンマーミルで粗砕し、1mmのふるい通過部を除いた稈粗砕物を原料とした。前処理として、冷水、熱水、n-ヘキササン、アセトン、メタノール、エタノール・ベンゼン(1:2, v/v) 混液による抽出処理のキシラン水溶化に対する効果を調べた。

前もって水分量を調整した前抽出済みの試料約40gをステンレス製金網のかごに入れ、11kgf/cm²(183.2)の飽和水蒸気で10～40分蒸煮した。蒸煮物は風乾後、蒸煮処理に伴う重量減少を求め、さらにウイレーミルで粉碎し、分析試料とした。蒸煮物またはその熱水抽出残さ中の中性糖、リグニンを定量し、前抽出効果を評価した。

固形分画収率とキシラン残存量から、コントロール、抽出処理試料ともに蒸煮時間が長くなるにつれキ

シランの加水分解も進行するが、同時にいったん生成したキシロースの二次的脱水反応も進んでいることが明らかとなった。まずキシランに対する前抽出処理の効果についてみると、アセトン、エタノール・ベンゼン混液、ヘキササンなどの有機溶媒で前抽出された試料の不溶性キシラン量はコントロールの値より大きく、これらの有機溶媒類による抽出処理がキシランの加水分解にそれほど寄与していないことを示している。一方、水(熱水、冷水)で前抽出された試料の可溶性キシラン量はコントロールや有機溶媒で抽出処理された試料の値よりも高く、水抽出処理がキシランの加水分解や可溶化を促進していることを示唆している。また水抽出処理試料のキシラン残存量が高いことは、その前処理が蒸煮中に生成したキシロースの二次分解を抑制していることを示唆している。183.2, 40分のキシラン加水分解としては明らかに過激な蒸煮条件でさえコントロールでの最大値あるいはそれ以上の可溶性キシランが回収されている。有機溶媒のなかでメタノールはわずかながらキシラン加水分解促進効果が認められた。183.2, 10～30分の条件で蒸煮処理された試料では、蒸煮時間の違いや前抽出の有無によるグルカン残存量の変化は認められず、セルロースの加水分解は起こっていないと推定される。また最大で4～5%程度のグルカン残存量の差は原料中に含まれているデンプン由来のグルカンのばらつきに起因していると思われる。しかし、183.2, 40分の条件では、コントロールやメタノール前抽出試料のグルカン残存量がやや低く、一部セルロースの崩壊が起こっている可能性も否定できない。いずれにしても前抽出の有無や抽出溶媒の相違がグルカン残存量や可溶化に大きく寄与していないと結論される。

これまでに述べたように、水抽出によりキシランの加水分解が促進され、しかもキシロースの二次的脱水反応が抑制されたことから、蒸煮によるササキシラン可溶性阻害要因が水抽出物中に存在すると思われる。クマイザサ稈の熱水抽出物の化学組成を調べる過程でかなりの量の酢酸カリウムの存在が確認された。そこで各種溶媒による抽出後のナトリウム、カリウム、カ

ルシウムの残存量を調べた結果、顕著な前処理効果が認められた水（熱水、冷水）抽出でカリウムの大半が除去され、逆に処理効果が少なかったアセトンやヘキサン抽出ではカリウムはほとんど除去されなかった。

したがって、ササキシラン可溶性阻害要因が、ササ類に含まれている塩基性カリウム塩であると結論された。また簡便な冷水浸せきでも温水抽出と同じ処理効果が得られることも判明した。

(3) ササ程部含有多糖類の腸内細菌に対する生理作用

クマイザサ程粗砕物（乾重で20kg）をあらかじめ温水抽出（80-90℃、3時間づつ2回）し、抽出残さの含水率を45%（湿潤重量基準）に調整した後、ステンレス製金網かごに入れ、11kgf/cm²（183.2℃）の飽和水蒸気で20分間蒸煮した。放冷後、蒸煮物の含水率が60%になるよう水を添加し、スクリュープレスで圧搾し、圧搾液を遠心分離した後、ろ液を噴霧乾燥した。収量は1.76kg、対原料で8.8%である。このようにして得られたササ可溶性多糖体（ヘミセルロース）粉末は、そのエタノールに対する溶解性により低分子オリゴ糖画分と比較的高分子量の多糖体画分に分別された。すなわち、多糖体粉末の30%水溶液を10倍量のエタノール中に投入し、含水エタノールに可溶の低分子オリゴ糖画分と比較的高分子量のキシラン沈殿物に分別した。低分子オリゴ糖画分は活性炭カラムクロマトグラフィでさらに分別し、キシロピオースを単離した。このようにして得られた水溶性キシラン画分（含水エタノール沈殿物）とキシロピオースを腸内細菌資化試験に用いた。

資化試験の供資菌株としてピフィズス菌 22菌種、乳酸菌 7菌種、Bacteroides 属 23菌種、Rikenella microfucus 1菌種、Clostridium 属 13菌種、Eubacterium 属 11菌種、Peptostreptococcus parvulus 1菌種、Enterococcus faecalis 2菌種、黄色ブドウ球菌 10菌種、大腸菌 3菌種、サルモネラ菌 2菌種、Proteus mirabilis 2菌種、Aeromonas hydrophyla 2菌種、枯草菌 2菌種、セレウス菌 1菌種、計102菌株を用いた。PYF培地に水溶性キシランまたはキシロピオースを0.5%になるように添加した滅菌培地

（pH 7.2）2mlを調製し、あらかじめPYFG培地で前培養しておいた供試菌液0.03mlを加え嫌気条件下37℃、96時間培養後、培養液のpHを測定し、資化性を判定した。

キシロオリゴ糖は、その分子量が増加するにしたがって腸内細菌により資化性が減少することが認められた。キシロピオースはBifidobacterium infantisとEubacterium lentumを除くすべての供試菌に資化されている。本研究で新たにキシロピオースがピフィズス菌など有用細菌に加えて、Bacteroides 属、Clostridium 属、大腸菌、黄色ブドウ球菌など病原性もしくは腐敗性を示す細菌にも資化される事実が判明した。一方、水溶性キシラン画分はピフィズス菌、乳酸菌に対する資化性はキシロピオースを比較して劣るものの、ヒト病原性もしくは有害性を示すセレウス菌、Clostridium 属、腸球菌、Peptostreptococcus parvulus、Rikenella microfucus、サルモネラ属に対してはほとんど資化されない優れた特徴を示した。

（平成4年度～平成5年度）

（成分利用科、株式会社白寿生化学研究所）

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。そこで、ハウスを用いた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4年度は、(1)シラカンバ原木の植菌数とホダ化速度の検討、(2)ミズナラ原木の植菌数とホダ化速度の

検討, (3)仮伏せ原木への最適散水間隔の検討, (4)シイタケ菌床栽培で得られた菌株の原木栽培への適応性の検討を行った。各項目ごとの結果の概要は以下の通りである。

(1) シラカンパ原木は樹皮が固く、油脂分に富むため、子実体が樹皮面から発生しにくく、また浸水時に吸水し難い欠点を有する。そこで、これらの欠点を改善し、同時に菌回りを促進することを目的として、植菌数を増加させる処理を行った。一列の植菌数は4-3（一列の植菌数が4個と3個の繰り返し。以後同様）、5-4、6-5としたが、植菌後90日でのホダ付きは4-3に比べて他の区が優れていた。また、1992年秋までの発生量は、植菌数が多くなるほど優った。

(2) ホダ化速度を改善し、ホダ木の回転を速める目的で、シラカンパ同様の植菌数を設定した。結果はシラカンパ同様、植菌数が多い程収量も多くなった。

(3) ハウスで仮伏せする場合の水管理条件を検討した。①植菌した原木を棒積みにして全体にビニールをかぶせ、散水は行わない、②井桁に組んだ原木に3日に1回、2時間散水する、③井桁に組んだ原木に7日に1回、2時間散水する、の区を設定した。この結果、植菌後2か月目と4か月目のホダ付きは、ミズナラではビニール被覆区が優れ、シラカンパでは3日に1回の散水区で優れていた。

(4) 現在走り子の発生が始まっている。

(昭和63年度～平成4年度)

(微生物利用科)

2.1.2 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4年度には3392トン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他のキノコに比べて低く、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、シイタケの増産を計る上で、大きな障害になりつつある。

当場では、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。平成元年度には、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明らかにした。また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。

4年度は、(1)シイタケの生産効率の向上を目的とした培養容器の形態と大きさの検討、(2)菌床栽培の品種として選抜した株について、その培地条件と培養条件の検討、(3)ノコクズの樹種別発生試験、(4)芽欠きの影響の検討を行った。

(1)については、2.5kgのほか、1.2kg、800g、500gの菌床を作成して栽培試験を行った結果、500gの菌床は発生期間中に乾燥しやすく、実用性に欠けることが分かった。また、シイタケ培養瓶として3種類（ナメコ用1500ccPP瓶、シイタケ用1500ccPP瓶、シイタケ用4000ccPP瓶）を試験した結果、いずれもキャップの通気性が不十分で、60日間の短期培養用としては実用性が無いことが分かった。

(2)については、Le.77-20、Le.58-3、Le.86-2を培地組成別（フスマとタイロンの配合割合）、培養期間別（60～90日間）、培養温度別（22、25℃）、熟成温度別（22、25、28℃）、発生温度別（12、16、20℃）に試験をした結果、最大の収量は、Le.77-20では、フスマとタイロン3：1・22℃培養30日・25℃熟成30日の条件で、Le.58-3ではタイロン単用・25℃培養30

日・25℃熟成60日の条件で、Le.86-2はフスマとタイロン3:1・25℃培養30日・25℃熟成30日の条件で、それぞれ得られた。発生温度はいずれの品種も16℃が適していた。この結果、Le.58-3は熟成期間が60日と長いことから短期栽培には適さないことが分かった。また、Le.86-2は収量が他の2株より少なく、害菌に対する抵抗性も低いことから、実用上問題があることが分かった。さらに、Le.77-20はタイロン単用で子実体が大形化することが分かった。

(3)については、7種の広葉樹ノコクズを用いてLe.77-20を栽培した結果、発生量の多さではイタヤ(691g)、カンバ(685g)、ブナ(497g)、シナ(425g)、ミズナラ(398g)、タモ(323g)、カツラ(236g)の順であった。また、子実体の大きさではミズナラ(15.3g)、ブナ(13.0g)、カツラ(9.7g)、イタヤ(9.3g)、タモ(7.8g)、カンバ(7.5g)、シナ(5.2g)の順であった。

(4)については、カンバノコクズにタイロンを単独に添加した培地でLe.77-20を培養し、16℃で展開後4~5日目に形成された芽を25個前後を残して摘み取ると、トータルの収量は減るものの、子実体が大形化することが分かった(芽欠きなしの場合、収量は786g/2.5kg菌床、子実体1個当たりの重量は9.8g;芽欠きをした場合、収量は550g/2.5kg菌床、子実体1個当たりの重量は14g)。

(平成2年度~平成4年度)

(微生物利用科)

活着が行われる前に種菌が乾燥し、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。そこで、根状菌糸束誘導物質の検索を行った結果、ニンジンがそうした物質を含有し、かつキノコの栽培において扱いやすい材料であることが分かった。

平成4年度においては、林産試験場保存株Am82-14を供試して、菌床栽培におけるニンジンの使用方法を検討した。その結果、磨砕したニンジンと培地と種菌の間に挟むことで、種菌から根状菌糸束が効率的に形成されることが分かった。そこで、さらに、ノコクズをカンバ、栄養添加物を米ぬかに固定して、培養瓶当たり用いる米ぬか量や培地水分を変えた栽培試験を行い、最適培地組成の検討を行った。その結果、800mlの培養瓶を用いる場合、培養瓶当たりの米ぬか量を90~100gとし、培地水分は培養瓶の底部に水が溜まらない範囲でできるだけ高く(65~70%)とすると、各培地から90~100gの子実体が安定して得られることが分かった。

なお、培地水分が70%を大きく超えると、培養瓶の底部に培地の余剰水が溜まるために太い根状菌糸束が形成されて培地が膨脹する。そのために、子実体採取後に培地の掻きだしが困難になるとともに、培地当たりの収量がばらつく欠点が生じる。

(昭和63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*

ナラタケはボリボリと呼ばれ、秋の味覚として人気の高い野生キノコである。昭和63年度からこの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、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、

2.1.4 食用菌の優良品種の開発

Development of Superior Strains of Edible
Fungi

現在市販されている菌床栽培用シイタケ品種は、培養期間、発生期間がともに3か月以上かかる。しかし、栽培期間が長いと施設投資が過大になり、発生期間中に菌床が病虫害に犯され易いという問題が生じる。そこで、培養期間、発生期間がともに短く、発生条件が本道の気象条件に適したシイタケ新品種を開発を行っている。また、本道特産のタモギタケと純白系

エノキタケについても、新品種の開発に努めている。

平成4年度は、シイタケ交配株270を作り、その内60株の1次選抜試験を終了し、残りについても選抜試験を続けている。なお、1次選抜を終えた60株の中から、6株を2次選抜の対象株とした。

タモギタケは、作成した513の交配株から99株を2次選抜の対象株とした。また、エノキタケは25の交配株から1株を選抜した。

(平成4年度～平成6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

2.2.1 アルカリセルラーゼの性能評価

Estimation of Properties of Alkaline
Cellulase

木質バイオマスの有効利用のひとつとして、酵素反応によるリグノセルロースの糖化が考えられる。セルロースの溶解度はアルカリ域で増すことから、こうし

た分野においてアルカリセルラーゼ利用の可能性が高まることが予想される。

一方、稲わら堆肥から分離した、林産試験場保存株 Co90-6 (ヒトヨタケ属) の培養特性を測定したところ、最適生育温度37℃、最適生育培地 pH10.8の高温性の好アルカリ微生物であることが分かった。ヒトヨタケは稲わらのセルロースを分解することが知られている。そこで、Co90-6が生産するセルラーゼの性能評価を行った。

その結果、粗酵素液の最大のセルラーゼ比活性は、CMC-Naを基質とした場合には反応温度40℃、pH5.0において 21.9×10^6 unit/gであった、しかし、pH10.7での比活性は 3.5×10^6 unit/gに低下した。Co90-6の粗酵素液のセルラーゼ比活性の最大値は、特許が取得されているアルカリセルラーゼ生産菌 *Streptomyces* sp. KSM-9 (放線菌) の pH9におけるセルラーゼ比活性の約1/17であり、Co90-6から工業的に価値のあるセルラーゼを得ることは難しいことが分かった。

(平成4年度)

(微生物利用科)