

# 林産試験場の平成 5 年度試験研究成果の概要

1993 Annual Research Results  
of the Hokkaido Forest Products Research Institute

木材利用の多様化を促進するための技術開発...6	開発	9
Technological Development for Diverse Utilization of Wood Products	Development of Technique for Counterplan of Aircraft Noise Using Wood-Based Materials	
1. 需要分野拡大のための木材利用技術の開発 6	1.2.4 木製サンルームの開発 9	
Research and Development of Utilization Technologies for Enlargement of Wood Products Market	Development of Wood-based Wintergarden	
1.1 木質内外装材の製品開発 ... 6	1.2.5 床暖房用フローリングの製品開発 10	
Development of Wooden Interior and Exterior Parts	Development of Flooring for Floor-Heating	
1.1.1 木質内外装材のデザイン開発 6	1.3 大規模構造物の施工技術および資材の開発...12	
Design of Wooden Interior and Exterior Parts	Development of Building Technology for Large-Scale Structures and Materials	
1.1.2 カラマツ中大径材を利用した製品設計と試作 ... 7	1.3.1 木造大架構造物の開発 12	
Design of Wooden Ware Utilized Plantation Grown Japanese Larch ( <i>Larix leptolepis</i> )	Development of Large Span Timber Construction	
1.1.3 木製サッシの施工方法に関する研究 8	1.3.2 大断面集成材を用いた大規模木質構造物の設計 12	
Study for Installation System of Wood Windows into Rough Opening	Designing of Large-Scale Structures Used Heavy Timber Construction	
1.2 木造住宅の施工技術および資材の開発 8	1.4 土木・農業用施設等の施工技術および資材の開発 13	
Development of House-Building Technology for Wooden House and Materials	Development of Construction Technology for Public Works and Agricultural Facilities and Materials	
1.2.1 木質系多機能床材料および床構造の開発 8	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 13	
Research and Development of Wooden Flooring Materials and its Floor Construction	Development of New Uses Based on Simple Process for Small Japanese Larch ( <i>Larix leptolepis</i> ) Logs	
1.2.2 トドマツ中径材を利用した住宅用高機能性部材の開発 8	1.4.2 造林木の治山施設等への利用技術開発 13	
Development of High Quality Materials for Wooden Houses with Todo Fir ( <i>Abies sachalinensis</i> ) Medium Diameter Logs	Utilization of Plantation Grown Timber for Forest Land Conservation	
1.2.3 木質材料等による航空機騒音対策技術の	2. 木質材料の性能向上技術の開発 14	

Research and Development for Improving Technologies of Wood Material Properties		2.4.4 アンモニアによる木材の着色技術の開発	19
2.1 寸法安定性向上技術の開発	14	Development of Technologies for Ammonia Fuming for Japanese Larch ( <i>Larix leptolepis</i> )	
Development of Improving Technology of Dimensional Stability		2.4.5 単板と異種材料の複合化	19
2.1.1 MG処理木材の実用化に関する研究	14	Combination of Veneer and the Other Materials	
Development of Technologies for the Commercial Production of MG-Treated Wood		3. 木質材料と異種材料との複合化技術の開発	20
2.2 耐久性向上技術の開発	14	Research and Development for Combination of Wood and the Other Materials	
Development of Improving Technology of Durability		3.1 複合材の製品開発と製造技術の確立	20
2.2.1 アルキルアンモニウム化合物による防腐処理の評価	14	Establishment for Developing Products and Manufacturing Technologies of Composite Materials	
Evaluation for Preservative Treatment with Alkyl Ammonium Compounds		3.1.1 ゴムチップパネルの立体成形技術の開発	20
2.3 耐火性向上技術の開発	15	Development of Moulded Composite Panel with Rubber and Wood Particles	
Development of Improving Technology of Fire Resistance		3.1.2 木質炭化成形物の製造とその材料の用途開発	20
2.3.1 木製防火サッシの開発	15	Development of Various Utilization of Wood and Charcoal Composite Material	
Development of Wooden Fire Windows		3.1.3 木質系廃棄物を原料とした複合材料の開発	20
2.3.2 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	16	Development of Composite Materials Made of Waste Wood	
Development of Production Wood-Cement Board Made of Waste Wood		3.1.4 高強度材料複合化による高性能構造部材の開発	22
2.4 新性能付与技術の開発	16	Development of Structural Members Composed with High-Strength Materials and Wood	
Development of Technologies for Addition of New Properties		4. 木質材料の使用マニュアルの充実	22
2.4.1 木質系吸水材の製造技術の開発	16	Perfection of Use-Directory for Wood Materials	
Super Absorbent Materials Prepared from Lignocellulosic Substances		4.1 樹種ごとの材質評価	22
2.4.2 木材の可塑化およびその利用技術の開発	17	Evaluation for Wood Qualities by Species	
Development of Technologies for Plasticization of Wood by Alkali Treatment and Utilization of the Plasticized Wood		4.1.1 高樹齢カラマツ材の材質	22
2.4.3 蒸煮処理技術を応用した新しい木質材料の開発	18	Wood Qualities of Japanese Larch ( <i>Larix leptolepis</i> ) in Old Plantations	
Development of New Wooden Materials with Pressurized Steaming		4.1.2 道産広葉樹材の材質	23
		Wood Qualities of Lesser-Known Broad-	

Leaved Tree Species Grown in Hokkaido	Development of Hot-Press Drying Technology
4.1.3 造林木の立木での材質評価—枝と幹との 関係—……………25	1.2.2 マイクロ波乾燥技術の検討……………30
Evaluation of Wood Qualities for Planta- tion-grown Trees on Standing Trees —Relationship between qualities of branch and trunk—	Studies on Drying Technology with Microwaves
4.2 木質資材の各種性能の評価……………26	1.3 注入技術の改善・開発……………31
Evaluation for Properties of Wood Materials	Improvement and Development of Impregnating Technologies
4.2.1 製材強度の非破壊検査法の実用化……………26	1.3.1 連続釘式インサイジングマシンの開発…31
Development of Practical-System for Non- destructive Lumber Strength Graduation	Development of Needle Incising Machine
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……………26	1.3.2 蒸煮処理による道産トドマツ材の注入 性向上……………32
Properties of MG-Treated Particleboards	Improvement of Permeability of Todo Fir (Abies sachalinensis) Grown in Hokkaido Dis- trict with Pressurized Steaming
木材産業の体質強化を促進するための技術 開発……………28	1.4 接着技術の改善・開発……………33
Technical Assistance for Fortifying of Local Forest Product Industries	Improvement and Development of Gluing Technologies
1. 生産技術の改善・開発……………28	1.4.1 屋外構造用集成材の接着性能評価……………33
Improvement and Development of Manufacturing Technologies	Evaluation of Adhesion Property for Laminated Timber
1.1 切削技術の改善・開発……………28	1.5 表面処理技術の改善・開発……………33
Improvement and Development of Cutting Technologies	Improvement and Development of Treatment Technologies for Wood Surface
1.1.1 構造用製材規格に対応した製材技術の 確立……………28	1.5.1 外装用集成材の透明塗装技術……………33
Production of Dried Construction Lumber with JAS	Development of Transparent Finishing for Laminated Timber
1.1.2 製材工程の省力化技術の開発—帯のこ盤の 送材速度の自動制御—……………29	1.5.2 針葉樹型枠用合板の表面処理技術の開発…33
Development of Automatic Process in Sawmill —Automatic control for speed of running carriage	Development of Overlaying Technologies of Softwood Concrete Form Panel
1.2 乾燥技術の改善・開発……………29	2. 生産工程の合理化……………33
Improvement and Development of Drying Technologies	Rationalization of Manufacturing Processes
1.2.1 熱板乾燥技術の開発……………29	2.1 製材工程の合理化……………33
Development of Hot-Press Drying Technology	Rationalization of Sawing Process
	2.1.1 製材工程の省力化技術の開発—帯のこ目立 ての自動化技術の開発—……………34
	Development of Automatic Process in Sawmill —Technology for an automatica—

	Ily controlled sawtooth preparation of band saw—	
2.1.2	<b>トドマツ小径木利用技術の開発</b>	34
	Development of Utilization for Small Log of Todo Fir ( <i>Abies sachalinensis</i> ) for Construction Lumber	
2.2	<b>集成材製造工程の合理化</b>	35
	Rationalization of Manufacturing Process for Laminated Wood	
2.2.1	<b>有節集成材の試作と評価</b>	35
	Development of Glued Laminated Timbers by Low Quality Woods	
2.2.2	<b>製材工場における副材の利用開発</b>	36
	Development of Utilization Technologies of Short Length Lumber	
2.3	<b>合板製造工程の合理化</b>	36
	Rationalization of Manufacturing Process for Plywood	
2.3.1	<b>道産材を用いた複合型枠用合板の製造技術開発</b>	36
	Development of Manufacturing Technologies of Concrete-Form Panel with Domestic Softwood and Hardwood	
2.4	<b>成形板製造工程の合理化</b>	37
	Rationalization of Manufacturing Process for the Board	
2.4.1	<b>長繊維エレメントを用いた構造用部材の開発</b>	37
	Development of Structural Material Used Long Wood Particles	
3.	<b>開発製品の市場性の評価</b>	38
	Assesments of Market-Performance of Developed Products	
3.1	<b>市場性の分析</b>	38
	Analysis for Market-Performance	
3.1.1	<b>木材業における経営改善</b>	38
	Manage Improvement of Wood Industry	
	<b>未利用森林資源の活用技術開発</b>	39

	Technological Development for Utilizing Un-or Less-Used Forest Resources	
1.	<b>化学的・物理的手法による利用技術開発</b>	39
	Research and Development of Utilization Technologies of Wood by Chemical or Physical Method	
1.1	<b>炭化物としての利用技術の開発</b>	39
	Development for Utilization Technologies for Charcoal Products	
1.1.1	<b>多目的炭素系資材の製造技術開発</b>	39
	Research for the Way to Produce the Multi-Purpose Materials Made of Charcoal Powder	
1.1.2	<b>木質系炭化物の農水産業への利用</b>	40
	Application of Wood Charcoals for Agriculture and Fishery	
1.1.3	<b>木質系油吸着材の製造技術の開発</b>	44
	Development of Production Technology for an Oil Sorbent Derived from Wood	
1.1.4	<b>フェノール樹脂含浸積層材の炭化条件および生成物の性質の把握</b>	44
	Grasping Properties of Carbonized Products and Appropriate Carbonization Conditions for Impregnated with Phenolic Resin Laminated Lumber	
1.2	<b>成分の利用技術の開発</b>	45
	Development of Utilization Technologies for Constituents of Wood	
1.2.1	<b>ササ多糖類の生理活性</b>	45
	Biological Activity of Polysaccharides Prepared from Bamboo Grass, <i>Sasa senanensis</i> Rehd.	
1.2.2	<b>エゾマツ樹葉の植物生理活性成分の検討</b>	46
	Biological Active Compounds of Yezo Spruce ( <i>Picea jezoensis</i> ) Leaf Extracts	
1.2.3	<b>キシロオリゴ糖製造条件の検討</b>	47
	Effect of Steaming Condition on Production of Xylo-oligosaccharides	

1.2.4	<b>北海道森林バイオマスの保健衛生面への 新規利用法に関する研究</b> .....	47
	Screening Experiments on Pharmacogno- stical and Fungicidal Uses of Forest Biomass	
2.	<b>微生物的手法による利用技術開発</b> .....	48
	Research and Development of Utilization Technologies of Wood by Biological Method	
2.1	<b>食用菌栽培技術の確立</b> .....	48
	Establishment of Cultivating Technologies for Edible Mushroom	
2.1.1	<b>シイタケ等の優良品種の開発</b> .....	48
	Development of Superior Straines of Edible Mushroom	
2.1.2	<b>シイタケ菌床栽培技術の開発</b> .....	48
	Development of Saw-Dust Cultivation Method of Shiitake ( <i>Lentinus edodes</i> )	
2.1.3	<b>ナラタケ属菌床栽培技術の確立</b> .....	49
	Establishment of Saw-Dust Cultivation Method of Genus <i>Armillaria</i>	
2.1.4	<b>ハウス管理によるシイタケ原木栽培技術 の確立</b> .....	49
	Establishment of Bed-Log Cultivation Method of Shiitake ( <i>Lentinus edodes</i> ) Using Green-House	
2.1.5	<b>菌床栽培における糸状菌汚染防除対策の 検討</b> .....	50
	Examination of Protection Technique of Fungi Contamination on Saw-Dust Cul- tivation of Edible Mushroom	

# 木材利用の多様化を促進するための技術開発

## Technological Development for Diverse Utilization of Wood Products

### 1. 需要分野拡大のための木材利用 技術の開発

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

#### 1.1 木質内外装材の製品開発

Development of Wooden Interior and Exterior  
Parts

##### 1.1.1 木質内外装材のデザイン開発

Design of Wooden Interior and Exterior Parts

道産材の需要拡大の一つとして、異種材料との組み合わせによって木材の意匠性や機能性などを生かした新製品の開発が必要である。そこで、平成4年度はカラマツ材とコンクリートを組み合わせた歩道用舗装ブロックについて研究開発を行った。

5年度は引き続き本開発製品の適正製造条件と製品性能などについて検討した。また、コンクリート以外の異種材料として、鋼材を取り上げ、これと木材を組み合わせたストリートファニチャーのデザイン開発を行った。

20℃の水中浸せき4日間、-20℃の凍結4日間および40℃の乾燥5日間を1サイクルとする促進劣化試験では、木材の厚さ、穴の直径と個数などの適正条件がおおむね把握できた。土木学会基準のコンクリートの凍結融解試験では、120サイクルを継続しても、木材のはがれやコンクリートの相対動弾性係数の大きな低下は認められなかった。7月下旬に実施した製品の表面温度測定試験では、アスファルト路面よりも最高温度で2.1℃低いことが分かった。製品の耐すべり性を向上させる一手段として、木材表面にNCルータで溝加工を施したものを試作した。実大試験フィールドとして、森林公園の避難施設、バス停留所および展示施設前（第1図）の歩道に、合計約700m<sup>2</sup>の製品を敷設した。なお、本開発製品は「木とコンクリートを組み



第1図 カラマツ舗装ブロック

Fig. 1. Paving blocks composed of larch and concrete



第2図 バス待合所

Fig. 2. Bus station

合わせた舗装ブロック」の考案で実用新案を出願した。

木材と鋼材を組み合わせたストリートファニチャーとして、バス待合所（第2図）とゴミ箱の設計・試作

を行った。これらの設計にあたっては「積極的なメンテナンス」を基本コンセプトとした。木材は防腐薬剤で高耐朽性を付与するほど廃棄後の処理問題が重要になることから、今回の設計では安全性の高い表面保護着色剤を塗布した木材を採用した。また、耐久性や強度に優れた鋼材を構造部材に、温もりや環境との調和性に優れた木材を外装部材として使い分けをするとともに、鋼材への木材の納め方については、再塗装、補修および交換などのメンテナンスが容易にできるように配慮した。

本研究テーマそのものは5年度で終了したが、これまでの成果は6年度も引き続き、歩道用舗装ブロックについては民間との共同研究に、木材と異種材料を組み合わせたストリートファニチャーについては民間からの受託研究に、それぞれ反映させる。

(平成4~5年度)

(デザイン科, 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

Design of Wooden Ware Utilized Plantation Grown Japanese Larch (*Larix leptolepis*)

供給量の増大が予想されているカラマツ中大径材の用途拡大のためには、高付加価値製品の開発が必要である。このため、オフィスを対象とした応接セット(第1図)、OAワゴン、つい立て(第2図)および書棚を設計、試作した。

(1) 応接セットは、テーブル、三人掛け長椅子1脚、



第1図 応接セット

Fig. 1. Drawing-room furniture



第2図 つい立て

Fig. 2. Screen

一人掛け椅子2脚の構成とし、それぞれのフォルムは立方体を基調とした。脚部は部材の軽量化と仕口強度性能の向上のために、カラマツ材の間にヤチダモの埋もれ木を部分的に接着した中空(透かし)構造とした。

(2) OAワゴンは応接セットと同様に、中空構造の脚部を採用した。脚部のキャスター取り付け部分にもヤチダモの埋もれ木を配置し、天板の下にはA3サイズのコピーでも簡単にストックできる受け棚を設けた。

(3) つい立ては鏡板に幅が10mmと3mmのスリットを設けて、双方から人影が認識できるものとした。このスリットは、吸脱湿に伴う幅方向の伸縮を抑制させる効果も意図した。上框(かまち)の一部と下框にはヤチダモの埋もれ木を用いて、意匠上のアクセントとした。

(4) 書棚はスチール製品にはみられない木材の温もりと年輪の美しさを強調させたものとした。側板と棚板はランバーコア合板に大径材のツキ板を化粧張りしたものを用いた。引き戸の框には中径材のまさ目板、その取っ手にはヤチダモの埋もれ木をそれぞれ用いた。

平成6年度は、同じくカラマツ中大径材を用いた会議室のテーブルとクラフト製品の設計、試作を行う。

(平成3～6年度)  
(デザイン科,性能開発科)

平成5年度の成果

1.1.3 木製サッシの施工方法に関する研究  
(日住木センター委託)

Study for Installation System of Wood Windows  
into Rough Opening

(平成5～6年度)  
(性能開発科)

- 1) ナラ・マカバ材を熱板乾燥することで、板幅方向の寸法安定性を向上させることができた。また、床暖房用フロア材の寸法安定性能評価法を確立した。
- 2) 試作緩衝材の軽量床衝撃音レベルおよび基礎振動特性を測定した。
- 3) 既存住宅の床衝撃音遮断性能を測定し、床性能の現状を把握するとともに、床構造材の振動特性測定法の検討をした。
- 4) 体育館の日本工業規格に合格する木造床下地組みを開発した。

(平成4～8年度)

(山岸元主任研究員,乾燥科,加工科,合板科,成形科,構造性能科,性能開発科,接着塗装科)

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 Floor-  
ing 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,転倒衝突時の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房機能を付加するなど,多機能床材料ならびに床構造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

1.2.2 トドマツ中径材を利用した住宅用高機能性  
部材の開発(林野大プロ)

Development of High Quality Materials for Wooden  
Houses with Todo Fir (Abies sachalinensis)  
Medium Diameter Logs

日本における人工林は伐期が長期化しているため,中径材の割合が増加している。これの需要拡大を図ることを目的とし,林野庁は平成5年度からの5か年計画で「地域産針葉樹中径材を利用した住宅用高機能性部材の開発」を大型プロジェクト研究として実施することにした。内容は「住宅用高機能性軸材の製造技術の開発」,「住宅用高機能性面材の製造技術の開発」および「住宅用高機能性部材の性能評価」である。

北海道においてはトドマツ間伐中径材の付加価値の高い用途開発が求められている。住宅の工法別にみると在来工法の割合が多く,これに要する軸組材の需要は多いものと考えられる。しかし,中径材から心去りの断面が大きな在来工法の軸組材を採材することは困難である。そこで,板材を重ね合わせて所定寸法の柱・梁材とする合わせ貼り軸材の製造技術を確立することが求められる。更に,これから得られる端材や軸用材に適しない低強度材を活用し,造作材をはじめとする住宅用面材の製造技術を確立することが必要であ



る。5年度の検討項目は次のとおりである。

(1) 原木の強度区分

使用した原木は4年生のトドマツ苗木を昭和12年に旭川市東旭川町上ペーバン地区において植栽したもので、6回目の間伐対象木である。16~28cm径級込みのもの140本について打撃音法により動的ヤング係数を測定した。区分境界値を50または60tonf/cm<sup>2</sup>と予定したがすべての原木が70tonf/cm<sup>2</sup>以上であった。したがって当初予定していた強度区分を行わないことにした。これについては樹齢が60年で径が細く年輪幅が狭いためと考えられる。

(2) 製材の木取り方法

軸用材については18~28cm径の原木から60×120mmを基本断面とする材を主材とし、16mm厚さの板を副材として採材した。主材歩どまり50.8%、副材歩どまり12.6%、全体として63.4%の歩どまりを得た。造作用材を採るものについては厚さを16mmに標準化した。16~24cm径の原木を製材し、59.9%の歩どまりを得た。

(3) 乾燥条件の設定

標準的な乾燥スケジュールで乾燥し、理論式から計算される材厚別の乾燥時間と比較した。16、40、60mm厚さの板材について測定された仕上がり乾燥時間はそれぞれ4、10、12日間である。これらの数値が理論値の範囲に含まれることを確認した。

(4) 縦つぎ部材の用途開発

縦つぎ部材の用途として羽目板・幅木・回り縁を設定した。輪生節等の大きな節を除去、縦つぎし、これらの部材を試作した。トドマツ固有の白さ、木目が明瞭でないことを反映して、継ぎ目の目立たない製品となることが認められる。しかし、間伐材であるため小さな節の存在は避けられない。

(平成5~9年度)

(高橋主任研究員, 材料性能科, 構造性能科, 性能開発科, 製材科, 乾燥科, 加工科, 合板科, 経営科)

1.2.3 木質材料等による航空機騒音対策技術の開発

Development of Technique for Counterplan of Aircraft Noise Using Wood-Based Materials

近年の北海道の住宅は、気密、断熱性能ともかなり高いレベルとなって、熱的には快適な室内空間が提供されるようになってきた。次に考えられる居住性能としては音があげられる。例えば新千歳空港に代表されるように、防音に対する要求は高いものがある。また、北海道の航空機騒音をみた場合、空港の拡張、農道空港、スカイスポーツのための飛行場などが増えているため、影響範囲が次第に広がっている。しかし、北海道の住宅で音に関する研究はあまりされていない。そこで、航空機騒音に焦点を絞った住宅の防音改修方法の検討を行った。

平成5年度は、既存の各種工法の高気密住宅23棟の遮音性能と気密性能の調査を行った。その結果、工法による遮音性能の違いはみられなかった。また、そのほとんどが日本建築学会の遮音等級基準のD-30等級以上の性能を有していた。施工されている窓は3mmガラス+12mm空気層+3mmガラス仕様であった。これは、Ts-25等級であり、住宅全体の遮音性能より低いものであった。そのため、住宅の遮音性能は窓などの開口部に大きく依存することが分かった。

気密性能試験の結果、ほとんどの住宅ですき間相当面積5cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>以下であった。また、遮音性と気密性に相関はみられず、北海道の住宅ではこの程度の気密性能を有すれば、十分な遮音性能が得られることが考えられる。

(平成5~7年度)

(性能開発科)

1.2.4 木製サンルームの開発

Development of Wood-Based Wintergarden

サンルームは、居間と外界をつなぐ接点という機能を持ち、窓の発展型であるが、窓は2次元的であるのに対して、サンルームは3次元であるため、室内にいてより身近に外気を感じることができる。そこで、新しい北海道の住生活様式の提案の一つとして、寒冷地に適した仕様の木製サンルームの開発を行った。

積雪寒冷な北海道においては、積雪、落雪やつららなどの氷雪の障害、断熱性、換気・通風など寒冷地な

らではの室内の快適性について検討しなければならない課題は多い。これらの問題から、北海道の気象条件に対応する仕様のサンルームの検討を行い、実大規模のサンルームを建設するための模型を作製した。

積雪の対策としては、自然滑雪するように屋根勾配を25°以上とし、サッシ縁に融雪水や雪がたまらないように縁に角度を持たせる。

上階屋根からの落雪の対策としては、複層強化ガラス、合わせガラスなどで屋根強度を持たせるが、状況に応じては落雪する部分を鉄板などで補強することも考えられる。

断熱のために、使用するガラスは複層ガラスとし、開口部も十分な気密、水密性を確保する。

さらに、居間とサンルームの間に通気用の窓を設け、冬期間はサンルームで暖められた空気を室内に導入し、夏季はサンルームの天窓からの排気を促進させる。

寒冷地の住宅にサンルームを施工する場合は、それらの継ぎ目部分の気密、水密性を十分に確保する必要がある。そのため、住宅とサンルーム屋根の継ぎ目部分では、外気に接する継ぎ目にコーキング剤を打設し、さらにアルミの水切りを設けて水の侵入を防ぐ。外壁に通気層がある場合には、室内側の継ぎ目にもコーキングを打設する。

また、窓などの開口部の下部にはアルミの水切り板を設置し、その部分での水の滞留をなくする必要がある。

これらに基づいて、2種類のサンルームの模型を作製し、施工上の問題点の洗い出しを行った。

(平成5～7年度)

(性能開発科)

### 1.2.5 床暖房用フローリングの製品開発(共研)

Development of Flooring for Floor-Heating

フローリングの需要拡大を図るためには、床暖房用フローリング、防音フローリングなど新たな機能を付加した製品の開発が求められている。床暖房は、“頭寒足熱”の自然なぬくもり、空気を汚さず清潔であ

る、騒音・振動や空気の対流による不快感がないなどの利点から次世代の暖房方式として注目され、年々着実に施工実績を伸ばしている。このため道内のフローリング業界ではこれに対応した製品の開発を求める動きが強い。

本研究は、住宅の床仕上げ材として一般に使用されている複合フローリングについて、その表面化粧材に現在最も需要の多いナラ材を用いた床暖房用フローリングの製品開発を目的とした。そしてこの製品開発のため、床暖房用フローリングに要求される性能、製造条件について検討し、フローリングを試作して性能評価を行った。

#### (1) 床暖房用フローリングの性能評価基準

床暖房によってフローリングは熱を受けるとともに、乾燥状態に置かれ含水率が低下することから、床暖房用として施工されるフローリングは、通常に施工されるものに比べ表面割れ(クラック)や収縮による目透きなどが発生しやすい。日本農林規格(JAS)等には床暖房用フローリングについての性能評価基準がないため、現在市販されている床暖房用フローリングの性能試験を行い独自の基準を定めた。

#### 床暖房用フローリングの耐クラック性

床暖房用フローリングの耐クラック性評価基準を定めるため、市販の床暖房用フローリング5種類、一般用フローリング4種類について耐クラック性試験を行った。試験方法は、長さ150mm、製品幅の試験体を乾燥(70℃, 2h) 冷凍(-20℃, 2h) 乾燥(70℃, 2h) 冷凍(-20℃, 2h) 吸湿(20℃, 85%RH, 16h)の各条件に放置する工程を1サイクルとしてこれを10サイクルまで繰り返し、発生した表面割れの総長さを測定した。この表面割れ総長さに応じて表面割れの密度を6段階に分類し、割れが発生しない場合を10点、発生した総割れ長さによって8, 6, 4, 2, 0点とした表面割れ評価点数を与え、これによってフローリングの耐クラック性を評価した。

市販フローリングの耐クラック性試験の結果、床暖房用フローリングは5種類すべてが表面割れ評価点数の平均値で7.0点以上であったので、これを床暖房用

フローリングについての耐クラック性基準値とした。

## ② 床暖房用フローリングの寸法安定性

市販の床暖房用、一般用フローリングの寸法安定性試験を行い、床暖房用フローリングについての基準を定めた。試験方法は、長さ150mm、製品幅の試験体を40°C乾燥→20°C、85%R.H.吸湿→40°C乾燥の各条件に放置して含水率4～15%の範囲で吸放湿させ幅方向、長さ方向の寸法変化率および幅反りを測定することにした。床暖房用フローリングとしての基準値は、試験の結果から含水率変化1%当たりの寸法変化率については幅方向で0.08%以下、長さ方向で0.03%以下、含水率変化1%当たりの幅反りについてはスパン65mmの中央矢高の変化量で±0.04mm以下であることとした。

### (2) 製造条件の検討

#### ① 表面材の厚さ

大手建材メーカーなどによって市販されている床暖房用フローリングの表面材の厚さは、床暖房による表面割れの発生を防止するためから0.3～0.6mmと比較的薄く、物の落下や重量物の移動などによって傷がつきやすい。このため本研究で試作したフローリングの表面材の厚さは一般用フローリングと同じ1.0mmとした。

#### ② 塗料および塗装条件

床暖房用フローリングの表面材にナラ材ロータリー単板を用いた場合、単板厚さを1.0mm程度まで厚くすると0.6mm以下の薄い単板に比べて表面割れが発生しやすくなる。このため表面割れの発生を抑える目的から、フローリング表面塗装の塗料として、柔軟性に富むブタジエン結合を塗膜構成要素に含んだポリブタジエン樹脂系の塗料を試作に用い、フローリング用の塗料として一般に使用されているポリウレタン樹脂系の塗料と耐クラック性を比較した。また、塗布量による耐クラック性への影響をみるため、各塗料について3条件の塗布量（多い、標準、少ない）で比較した。

#### ③ 台板の構成

フローリングの基材である台板としては一般に合板、MDFおよびこれらを複合化したものなどが使用され、これらの材料の寸法安定性が製品の寸法安定性

に大きく関わっている。また、フローリング表面材にじかに接する台板表面の構成材料がフローリングの耐クラック性に影響することが考えられる。これらのことを考慮した試作品の台板構成としてa：合板（表面材と平行貼り）、b：合板（表面材と直交貼り）、c：MDF、d：MDF（両面に1.5mm厚シナ単板接着）、e：合板（表面に0.5mm厚フェノール板接着）の条件で試作を行った。

### (3) 試作品の性能評価

#### ① 試作品の耐クラック性試験

塗料の種類、塗布量を変えた試作フローリングの耐クラック性試験結果から、塗料ではポリブタジエン樹脂系塗料がポリウレタン樹脂系塗料に比べ、塗布量では「多い」が他の条件に比べて耐クラック性に優れていることが分かった。台板構成を変えた試作フローリングの耐クラック性試験結果から、合板（表面材と平行貼り）が他の条件に比べ著しく耐クラック性が劣り床暖房用フローリングの台板として適さないことが分かった。合板（表面に0.5mm厚フェノール板接着）については、表面材と合板台板の中間に入れたフェノール板の効果は明確には現れなかった。

以上の結果から、ポリブタジエン樹脂系塗料で塗装することによって、1mm厚ナラ材ロータリー単板を表面材に用いても、床暖房用としての耐クラック性基準を満たし、現在市販されている床暖房用フローリングと同等以上の耐クラック性を持つフローリングが製造可能であることが分かった。

#### ② 試作品の寸法安定性試験

試作品の寸法安定性試験結果から台板の構成が合板およびMDF（両面に1.5mm厚シナ単板接着）で基準値を満たしたが、MDFでは基準に満たなかった。

#### ③ 塗膜性能試験

試作に用いたポリブタジエン樹脂系塗料およびポリウレタン樹脂系塗料について日本農林規格（JAS）の塗膜性能試験を行った。その結果ポリブタジエン樹脂系塗料は、塗膜付着力試験、塗膜硬度試験、塗膜磨耗試験のすべての試験においてポリウレタン樹脂系塗料の性能を上回ることを確認した。

#### ④試作品の強度性能試験

表面材厚さ1mmの試作フローリングと表面材厚さ0.5mmの市販フローリングについて、ハイヒールのかかとを想定した直径10mmの円柱鋼を、フローリング表面に圧入する局部圧縮試験を行った結果、最大圧縮荷重/比重は試作フローリングが市販フローリングの1.6倍であった。

(平成5年度)

(加工科, 成形科, 乾燥科,  
合板科, 接着塗装科, サンモク工業株式会社)

### 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(共研)

Development of Large Span Timber  
Construction

大断面構造用集成材の大スパン構造物への用途拡大の一環として、集成材とケーブルとによる大規模建築物の開発を進めている。

平成5年度は、具体的な建造物の設計モデルとして提案できることを最終的な目標において、用途・規模等の建築計画、架構形式の設定ならびに構造設計を行った。また、詳細な構造設計を進めていく上で確認する必要がある構造要素の性能評価に関する試験計画を作成した。

##### (1) 建築計画の実施

建造物の用途や規模について検討し、建築計画を実施した。

サッカー、ラグビー等のフィールド球技および陸上競技を主用途に考え、室内有効高さを25m、建築面積を20,000m<sup>2</sup>(130×155m)と設定して、建築計画を行った。

##### (2) 架構形式の設定と構造設計の実施

建築計画の結果を踏まえ、躯体の架構形式について検討し構造設計を行った。

主体架構を4年度に検討したワイヤーによる吊り構造に決定し、ワイヤーの配置や、スパン中央部のラチ

ス部材の有無等のバリエーションを設定した。これらのモデルの中から、等分布および偏荷重状態での架構の変形ならびに部材応力の状態を把握することにより、構造的に合理的かつ施工性の良好と考えられる架構形式を検討した。

主アーチとなる大断面構造用集成材は、スパン160mで、6.4mピッチで並列に配置する。アーチ材は、断面180×1,600mmの集成材を2材、幅方向に挟み板を介して合わせたもので、その縦継ぎには、グルードボルト(木口面に空けたドリル穴に異形鉄筋を挿入し、エポキシ樹脂で固定する接合方法)を採用することとした。また、集成材の樹種は、道産エゾマツ、あるいはトドマツである。他の柱材、ラチス材、横方向のつなぎ材等は、いずれも鋼材を想定している。

##### (3) 性能確認試験計画の作成

想定した形式の架構で、木構造計算規準で明確な規定の存在しないもの、また基礎的な強度データが不十分と考えられる以下の3点について、実験手法ならびにパラメータとすべき要因の整理を行った。

- ① 集成材の基礎的な物性に関する試験
  - ・ラミナ素材の曲げおよび圧縮クリープ試験
  - ・集成材の縦圧縮試験
- ② 集成材の縦継ぎ部の引張強度に関する試験
  - ・接合部単体の引張強度試験
  - ・縦継ぎを有する集成材の曲げ試験
- ③ 集成材による合わせ材の横安定性に関する試験
  - ・合わせ材の縦圧縮試験(縦座屈)
  - ・合わせ材の曲げ試験(横座屈)

今後は、接合部ならびに梁要素の部分モデルの耐力試験、また架構の縮小モデルによる載荷試験の結果を踏まえて構造設計の詳細、施工方法を決定し、具体的な建築物の提案書を作成する予定である。

(平成3~6年度)

(構造性能科, デザイン科, 清水建設株式会社)

#### 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、建築、土木および林産などの関連業界に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木橋を設計した。

資料収集は、大規模木質構造物が56件(平成4年度からの累計156件)、集成材あるいは製材を用いた木橋61件の資料をそれぞれデータベース化した。

収集した参考資料を基にして、公園内の池または小川に架ける橋長約17mの3種類(中路式アーチ橋、桁橋および吊り橋)の木橋を設計した。

(平成4～5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

Development of New Uses Based on Simple Process for Small Japanese Larch (Larix leptelepis) 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、5年度は以下の3項目について検討した。

(1) 丸太・タイコ材の防腐・防海虫処理法に関する検討  
これまでの研究成果ならびに内外の使用実績等を踏まえ、標準的な処理方法を提案した。

防腐については、これまでの野外杭試験のデータからCCAでは300～400kg/m<sup>3</sup>(2%液)、クレオソートでは120～200kg/m<sup>3</sup>で20年以上の耐久性を確保できる。一方、DDACについては、5kg/m<sup>3</sup>以上が必要と

されるが、耐久性は10年程度と推定される。

また、防海虫についてはCCAを20kg/m<sup>3</sup>以上加圧注入すれば、10年以上の耐海虫性が期待できる。北欧での欧州アカマツによる試験では16年間全く加害が認められなかった。ポリウレタンによる塗装処理では4年以上が期待できる。アフリカでの暴露試験結果では、複数の樹種で4年以上被害が認められなかった。

(2) 丸太柱脚埋込み工法の土木用施設への適用に関する検討

4年度に実施した丸太杭の水平加力試験結果に国内の他の機関で行われている試験結果を含め、標準的な設計方法を取りまとめることとした。

(3) PT型ハウス仕様書の改訂

改訂仕様書の発刊に向けて、トラスの種類ならびに規模の拡大を中心に検討を行った。

屋根トラスについては、従来の仕様書にあるキングポストに加えフィンクトラスの構造計算を行い、ガセット板の設計を実施するとともに釘配置の標準設計法を作成した。

また、大規模化の一つの方法として、下屋部分へのトラスの適用を採用し、これに伴う構造計算手法の見直しを行った。もう一つの方法として、片流れトラスの組み合わせによる間口の拡大を図ることとし、設計計算および取合い等ディテールの検討を行った。なお、従来妻型で1本化されていたものを、基礎の設計からあおり止め金物の設計に至るまですべての構造計算を実施し直して、より最適なものに改めた。

項目(1)の成果を踏まえ、防腐処理方法についても若干の訂正を加えることとした。

(平成3～5年度)

(構造性能科, 耐久性能科)

### 1.4.2 造林木の治山施設等への利用技術開発

(民間受託)

Utilization of Plantation Grown Timber for Forest Land Conservation

(平成5年度)

(デザイン科, 加工科, k.kフィール)

## 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 MG処理木材の実用化に関する研究（共研）

Development of Technologies for the Commercial  
Production of MG-Treated Wood

木製窓枠やウッドデッキなど木材を屋外で使用したいという希望はかなり根強いものがある。しかしながら、木材を屋外などの過酷な環境に置いた場合には、無処理の場合はもちろんのこと、塗装をした場合でも2~3年で変形や亀裂あるいは塗膜ハク離を生じる。木材あるいは木材表面の塗膜の高耐久化をはかることは重要な課題であり、これには、林産試験場で開発したMG処理が適しているが、今のところ実験室規模でのデータしかない。実生産を行うためには実験室レベルとは異なった観点から多くの項目について検討する必要がある。

##### ・実生産に適した処理薬剤の検討

MG処理に使用する薬剤について値段、取り扱いの容易さ、融点、沸点、水に対する溶解性、毒性などの見地から検討した。その結果、ジカルボン酸としてマレイン酸、ポリオールについてはグリセリンが最も適当であると判断した。

##### ・比較的低温での反応条件

MG処理をする際に既存の木材乾燥装置を使用することを前提として比較的低温（100~130℃）で長時間反応させる条件について検討した。その結果、130℃で48時間反応させた場合には優れた寸法安定性が付与できることが明らかとなった。

##### ・樹種についての検討

MG処理に適した樹種について主に浸透性の見地から検討した。その結果、ポンデローサパイン、タモ、ホワイトアッシュ、シナ、ハードメープル、ベイツガなどの浸透性が良好であることが明らかとなった。

##### ・加工性についての検討

MG処理した木材を用いて窓枠を作る一連の加工工程での問題点について検討したが、加工性については特に大きな問題点が無いことが明らかになった。また、鉄製の工具類に対する腐食性もほとんど問題にならなかった。

##### ・アルミに対する腐食性

MG処理材は無処理木材よりもアルミ板に対する腐食の程度が少ないことが明らかになった。このことからアルミとの複合化窓枠の製造には好ましいと思われる。

（平成5~6年度）

（化学加工科，吉田工業株式会社）

### 2.2 耐朽性向上技術の開発

Development of Improving Technology of  
Durability

#### 2.2.1 アルキルアンモニウム化合物による防腐処理の評価

Evaluation for Preservative Treatment  
with Alkyl Ammonium Compounds

アルキルアンモニウム化合物（AAC）は、CCAの代替薬剤の一つとして最近道内の防腐工場でも使用され始めた。この薬剤はJISなどで一応規格化されているが、道産材に適用した時の性能などの詳細なデータがない。したがって、道産材への注入性や処理後の耐朽性に関するデータを蓄積する必要がある。特に土壌に接して使用した時の防腐効果が十分確認されていないので、この点についての詳細な防腐性能を明らかにする必要がある。

本研究では、道産材への注入性評価と接地状態をも想定した防腐性能評価を行う。

平成5年度は、通常の加圧処理条件で注入試験を行った。また、JIS A 9201に準じた防腐効力試験を行い、耐候性と防腐効力を評価した。供試材はカラマツ、トドマツおよびエゾマツである。供試材として、DDAC（ジデシルジメチルアンモニウムクロライド）とBKC（ベンザルコニウムクロライド）+銅化合物および、比較としてCCAを用いた。結果は以下のと

おりである。

- (1) 含水率11~15%の正角材に15kg/cm<sup>2</sup>、4時間の加圧注入をした結果では、いずれの樹種でもCCAとDDACの注入量、浸潤長に明白な差は認められなかった。
- (2) JIS A 9201にもとづく減圧注入処理ではいずれの防腐剤も選択的に吸収され、供試した防腐剤濃度から求められる計算量より多くの防腐剤が吸収された。DDACについては、いずれの樹種でも褐色腐朽菌(BR)、白色腐朽菌(WR)のいずれに対しても2.9~3.8kg/m<sup>3</sup>で十分な防腐効果を示した。BKC+銅については高吸収量の場合、特にカラマツでのBKCの溶脱量が大きく、結果としてBRに対する防腐性能が低下した(初期吸収量BKCとして7kg/m<sup>3</sup>でも腐朽阻止できず)。後者のWRに対する効力限界はBKCとして1.1~4.0kg/m<sup>3</sup>であった。また、銅としては0.7~1.6kg/m<sup>3</sup>であった。これらの値は、JISに定められている値(土台の場合、いずれも0.8kg/m<sup>3</sup>)より大きい。

以上の結果から、AACを道産材に適用する場合は従来から決められている吸収量より高い値を処理目標として設定する必要があることが明らかになった。ただし、5年度に行った防腐効力試験では、試験片形状が20(接線方向)×20(半径方向)×10mm(繊維方向)であり、材積に対する木口面積がきわめて大きい。実用される土台などのように、その割合が小さいものでは溶脱量がきわめて小さくなり、菌の材内への侵入速度も遅くなると予想される。今後こうした要素を考慮にいたれた試験によって防腐効力限界値を求める必要がある。

(平成5~6年度)  
(耐久性能科)

## 2.3 耐火性向上技術の開発

Development of Improving Technology of Fire Resistance

### 2.3.1 木製防火サッシの開発

Development of Wooden Fire Windows

住宅密集地や規模の大きな建物の窓には、防火窓を使わなければならない。防火窓は、従来アルミサッシに限られていたが、平成2年防火戸の基準が改正され、所定の耐火性能を満たせば、木製サッシも防火窓として認められることになった。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、押し縁断面形状や発泡材挿入方法の違いなどが耐火性能に及ぼす影響について検討した。なお、防火窓に求められる耐火性能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。

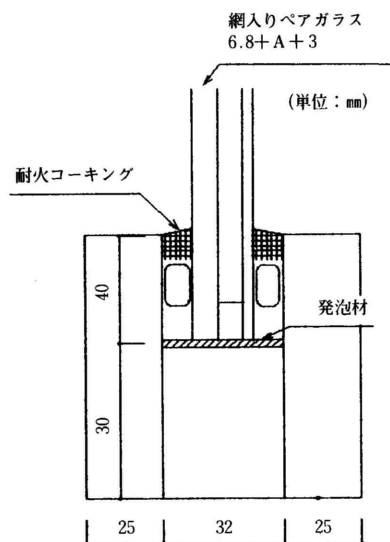
4年度は単板ガラスを用いた木製サッシについての、5年度は複層ガラスを用いた木製サッシについての耐火試験を行なった。用いた単板ガラスは厚さ6.8mmの網入り(ピッチ13, クロスワイヤ)、複層ガラスは6.8mm網入りガラス+3mm板ガラス(空気層6mm)である。

耐火試験の結果、以下の点が明らかになった。

- (1) 20分以上の燃え抜け防止に必要な最小押し縁断面形状
  - ・単板ガラスのサッシでは見込み厚さ20mm, ガラスのみ込み深さ20mm。
  - ・複層ガラスのサッシでは見込み厚さ25mm, ガラスのみ込み深さ30mm。
- (2) 発泡材挿入位置による効果
 

ガラス取り付け部には板状またはコーキング型のグラファイト系発泡材を組み込んだ。用いたグラファイト系発泡材は150℃で5倍以上膨張する。

  - ・ガラス端部への組み込みは燃え抜け防止に最も効果を示したが、発泡圧によってガラスの変形が生じた。
  - ・ガラス側面への組み込みは燃え抜け防止に効果を示したが、ガラス保持力が小さく衝撃試験に不利であった。
  - ・ガラス側面にコーキング型発泡材を用いる方法は燃



第1図 乙種防火サッシの縦断面  
Fig. 1. Longitudinal section of type-B wooden fire window

え抜け防止効果が小さかった。

### (3) コーキング材の種類

ガラスとかまち材間充填には、非耐火型のシリコン系コーキング材と主に防火区画の充填等に用いられている耐火型コーキング材を用いた。

- ・ 非耐火型は、ガラスを通過するべく射熱によって20分以内にコーキング材に着火した。
- ・ 耐火型は、2液性で作業性は悪いがコーキング材には着火しなかった。

### (4) パッキンの種類

パッキンには発泡ポリエチレンまたはセラミックファイバーを用いた。

- ・ 単板ガラスのサッシでは、セラミックファイバーを用いると発泡材を用いなくても20分以上燃え抜けなかった。
- ・ 複層ガラスのサッシでは、セラミックファイバーだけでは19分で燃え抜けた。

### (5) かまち材の種類

押し縁、かまちにはカラマツ材またはナラ材を用いた。気乾比重0.65程度のナラ材を用いたサッシは30分加熱後も燃え抜けず、同仕様のカラマツサッシより5分以上耐火性能が向上した。

### (6) ビス

押し縁を止める木ネジは埋木処理し、ビス間隔は20cm以下とすることが必要だった。

乙種防火戸の規格を満たす複層ガラスサッシの一例を第1図に示した。

(平成4～5年度)

(耐久性能科)

### 2.3.2 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(民間委託)

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

(平成4～5年度)

(成研科, 福島建設工業株式会社)

### 2.4 新性能付与技術の開発

Development of Technologies for Addition of New Properties

#### 2.4.1 木質系吸水材の製造技術の開発

Super Absorbent Materials Prepared from Lignocellulosic Substances

トドマツ木粉を酸化またはパルプ化後、リン酸化する2段処理により、木粉の吸水能は大きく増加しヒドロゲル化が起きる。本研究は、木質材料の新規な需要を開拓することを目的として、化学的改質による機能性材料の開発を行うものである。平成5年度は、吸水性に及ぼす針葉樹および広葉樹など樹種の影響を調べるとともに、原材料の多様化を図る意味で、農産物を用いた機能化処理を検討した。

#### (1) 樹種の影響

針葉樹材(5種)と広葉樹材(7種)の化学特性およびリン酸化物の吸水性能を調べた。ヘミセルロース含有量の多い樹種は、リン酸化によって高吸水性が付与された。針葉樹材は広葉樹材よりも付与される吸水能が高く、繊維長、直径、細胞壁の厚さなど細胞形態に吸水能が影響されることが示唆された。

#### (2) 農産物の機能化

イモパルプ、ビートパルプのリン酸化によるゲル化



処理を試みた。イモパルプのリン酸化物にゲル化が見られたが、大半のデンプン質がリン酸化の際に水溶化するため、収率は極めて少なくなった。一方、可食性繊維（吸水量50倍）として知られるビートパルプは、そのリン酸化物の吸水能や収率から、リン酸化による有利性が認められなかった。

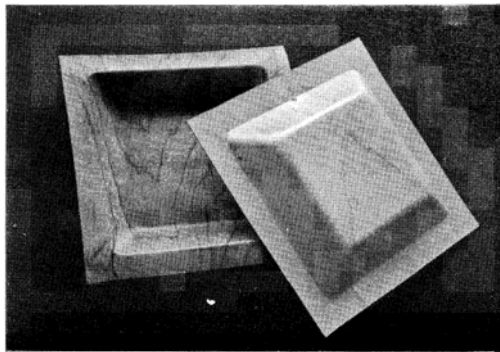
(平成3~5年度)

(成分利用科)

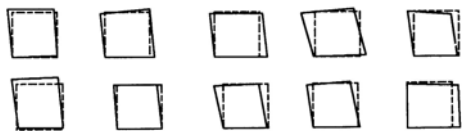
## 2.4.2 木材の可塑化およびその利用技術の開発 (森林総合研究所委託)

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

本研究はカバ、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。



第1図 成型された3cm 深さのトレイ  
シラカバ(左), ポプラ(右)  
Fig. 1. Molded Tray with 3cm Depth  
White Birch (Left), Poplar (Right)



第2図 欠点近傍に引かれた升目の変形  
Fig. 2. Deformation of squares adjacent to the defects

3年度はポプラ、シラカバなどを含む道産広葉樹7種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）、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・加圧装置を用いなくて、常圧浸漬法による単板への薬剤の浸透性について検討した。その結果、アルカリ水溶液は1mm厚さの単板の場合、7時間程度でほぼ平衡に達し、その含浸率は減圧浸漬法に比べて大きな遜色はなかった。また、漂白や染色について検討した結果、アルカリ処理により浸透性が高まった関係で、ムラ無く均質に調色することが可能であった。アルカリ処理材の湿潤時の接着性についても検討を行った。その結果、ポリウレタン系の接着剤を用いた場合は、曲げ加工に適した含水率（50%程度）での接着が可能であった。

5年度は、4年度までの成果をふまえ、染色合板あるいは染色単板を用いた成型によるトレイの製造試験を行った。シラカバまたはポプラの1.0mmと1.5mmの単板を合板にした後、または単板のままで常法によりアルカリ処理した。水洗を終え適正含水率まで乾燥した合板を型枠に入れ、そのままホットプレスしてトレイを製造した。また、同様に処理した単板は尿素系の接着剤を塗布した後に同様に成型してトレイにした。なお、トレイ型枠の寸法は25×25cm、深さは1、2および3cmの3種類を用いた。供試した両樹種とも、また合板でも単板でも型の深さが深くなるにつれて欠点（割れ、シワ）の発生頻度が高くなるが、一応成型可能であった（第1図）。樹種としてはシラカバよりポプラの方が若干ではあるが成型性が良いように思われた。

製造過程で生じる割れやシワなどの欠点発生メカニズムについて検討する目的で、1cm間隔で試験片に升目を描いて、成型による寸法および形の変化を測定した。その結果、割れは伸張側に特異的に生じるのではなく、収縮側も含めて広く分布していることが明らかになった。これはシワについても同様であった。また、割れやシワなどの欠点の近傍では第2図に示したように、升目が菱形に大きく変形していた。このこと

は、欠点は過度の伸張や収縮によるものではなく、剪断力によるものであることを意味している。

また、染色単板を用いても問題なくトレイが製造可能であった。今回の試験で行ったのは赤、青、黄の3原色であるが、もちろん他の色も可能である。無漂白、漂白および種々の色に染めた単板を組み合わせて成型することにより、今までにないデザインの木質材料が製造可能であり、新しい用途が開ける可能性がある。

(平成3~5年度)

(化学加工科)

#### 2.4.3 蒸煮処理技術を応用した新しい木質材料の開発(中小企業庁補助)

##### 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年計画で実施した。

4年度には、カラマツ心材の板目材を用い、蒸煮条件と材色変化や強度性能、接着性、塗装性、加工性、注入性などとの関係を明らかにし、また、メタクリル酸メチルを用いた蒸煮処理材の適正なWPC化条件ならびにその性能について明らかにした。

5年度は、蒸煮処理材のフェノール樹脂含浸処理と難燃化処理について検討した。

##### (1) 蒸煮処理材のフェノール樹脂含浸処理

試験材として、カラマツ心材部の板目材を用い、これを160℃で60、150、240分間蒸煮処理した後、含浸用水溶性フェノール樹脂(大日本インキ株式会社製、TD-2370)を用いて含浸処理を行い、適正な製造条件と処理材の性能について検討した。得られた成果の概要は以下のとおりである。

##### ①蒸煮処理カラマツを用いたフェノール含浸処理材の

適正な製造条件は以下のとおりである。なお、含浸処理に用いた試験材の寸法は15~25(R)×110(T)×450~1200mm(L)である。

蒸煮条件：温度160℃(飽和水蒸気圧6.3kgf/cm<sup>2</sup>)の場合150~240分

注入条件：減圧(30mm Hg)1時間、加圧(7kgf/cm<sup>2</sup>)4時間(材長が600~1200mmの場合は4時間加圧後、注入缶を密閉して16時間以上放置)、フェノール樹脂濃度20~40%。

乾燥条件：樹脂含浸後、50~80℃で含水率5%になるまで乾燥。

熱圧条件：140℃の場合、材厚1mm当たり4~5分、圧密比30%以内。

②上記条件で、樹脂含浸率は平均25%(最大40%、最小15%)であり、熱圧開放後のスプリングバックもほとんど発生せず、また、吸水・乾燥繰り返し試験による厚さ戻りも認められない。

③上記条件で製造した含浸処理材の強度性能は、特に、表面硬さ(早材部で素材の2.0~2.6倍、晩材部では1.3~1.4倍)と耐摩耗性(素材の1.4~1.6倍)が向上し、曲げ強度性能については素材と同等であった。また、蒸煮処理によって低下した接着強さは素材と同等まで回復し、塗膜の密着力は素材より向上した。

④蒸煮処理は、材色を暗色化させるので、フェノール樹脂含浸処理による変色が素材と比べかなり小さくなることが認められた。

##### (2) 蒸煮処理材の難燃化処理

カラマツ心材部の板目材を用い、難燃3級の性能を持つ内装材の製造条件(蒸煮条件、注入条件、難燃剤の種類など)について検討した。その結果適正な処理条件は以下のとおりであった。

蒸煮条件：蒸煮温度170℃(飽和水蒸気圧8.1kgf/cm<sup>2</sup>)時間60~90分。

なお、この蒸煮条件は、蒸煮温度160℃で120~180分、150℃では210~270分の処理に相当する。

難燃剤：第二リン酸アンモニウムまたはポリリン

酸アンモニウムの20%水溶液。

注入条件：減圧(30mmHg)30分後、加圧(5kgf/cm<sup>2</sup>)  
4時間(難燃剤固形分として60~80kg/m<sup>3</sup>  
処理)。

なお、上記条件で得られた処理材のJIS A 1321および建設省告示第1231号に基づく表面難燃試験による各特性値は次のとおりであった。

特性値

TC : 300~350秒(規格値180秒以上)

Tdθ : 2~26°C・分(規格値350°C・分以下)

CA : 15 (規格値120以下)

残炎 : 17~24秒(規格値30秒以下)

(平成4~5年度)

(窪田主任研究員, 物性利用科,

化学加工科, 接着塗装科, 耐久性性能科, 加工科)

#### 2.4.4 アンモニアによる木材の着色技術の開発

Development of Technologies for Ammonia Fumming  
for Japanese Larch (*Larix leptolepis*)

多くの木材がアンモニアにより着色することはすでに報告されている。特にナラ材についてはアンモニアスモーキング法としてすでに実用化されている。カラマツについて林産試験場で実施したところ、唐木調の重厚な色調となることが明らかになった。この手法によりカラマツの高付加価値化を図ることを目的として以下の項目について検討を行なった。

・着色の経時変化

カラマツ心材を密閉容器に入れ、アンモニア水を用いて容器内をアンモニア雰囲気とした。色調の変化は色差計を用いて経時的に測定した。その結果、処理時間とともに濃色化していったが、室温で処理した場合には5日から10日でほぼ平衡に達した。また、処理時間によりある程度色調をコントロールできることも明らかになった。

・退色性の検討

アンモニア処理試験片をフェードメーターにかけ、光による変色について検討した。その結果、アンモニア処理カラマツの退色は無処理カラマツ心材の光変色の

程度よりはるかに小さいことが明らかになった。

・処理に伴う寸法変化および重量変化

試験片はアンモニア雰囲気下では大きく膨潤するが、アンモニアが揮散した後にはほぼ元の寸法に復することが明らかになった。また、接着あるいは組み付けの終わった試験片でも処理できることが明らかとなった。このことは、製品を最終形状でアンモニア処理可能であることを意味し、実用的に大きなメリットであると思われる。また、重量についても同様に、処理中はかなりの重量増加が認められるものの、アンモニアが揮散した後の重量増加はほとんど無視できる程度であった。

・処理に伴う強度変化

曲げ強度および圧縮強度について処理前と処理後を比較した。その結果、アンモニア処理により強度は低下しないことが明らかになった。

・着色原因物質の検討

アンモニアによる着色のメカニズムは、フラボノイドの一種であるタキシホリンの重合であると考えられる。

(平成5~6年度)

(化学加工科)

#### 2.4.5 単板と異種材料の複合化

Combination of Veneer and the Other  
Materials

単板や合板の用途を拡大したり、付加価値を向上させるには、多機能化や高性能化が必要である。そのため、木質材料以外の異種材料と複合させ、木材にない特性を付与することが必要になってくる。

近年、木質フロアによる衝撃音が社会問題になっており、遮音性能に優れ、床として十分機能する木質フロアが求められている。そこで、単板、合板や緩衝材を用いて、様々な遮音性能を有する床材を試作し、その衝撃音を測定するとともに、材料の振動特性を測定し、床衝撃音と材料特性との関係について検討した。

供試材は、12mm厚さのラワン合板を台板とし、表面

材として0.8mmのナラの単板，緩衝材として7種類の不織布およびゴム発泡体，ゴムチップマットを用いた三層構造とした。接着剤は水性ビニルウレタン接着剤を用いた。

遮音性能は，2 × 4 とRCスラブの模擬床において，JIS A 1418に準じて軽量床衝撃音の音圧レベルを測定した。振動特性は，両端自由たわみ振動法により比動的ヤング率 ( $E'/r$ ) と内部摩擦 ( $Q^{-1}$ ) を測定した。

その結果，床衝撃音は，125Hz以下の周波数で，どの供試材も低下しなかったが，それ以上では，2種類を除いて低下した。これらの結果は，2 × 4 とRCとも同じであった。床衝撃音レベルと振動特性を比較すると，床衝撃音レベルが低下したものは， $E'/r$ が小さく，効果のなかったものは， $E'/r$ が大きかった。 $E'/r$ の平方根は，材中の音速を表していることから， $E'/r$ の小さいものは，材中を伝播する疎密波を遮断すると考えられる。次に，与えられた振動が音に変換する指標の音響放射減衰 ( $\sqrt{E'/r^3}$ ) とエネルギー損失 ( $Q^{-1}/E'$ ) を比較すると，遮音効果のあったものは， $\sqrt{E'/r^3}$ が小さく， $Q^{-1}/E'$ が大きかった。それに対して，遮音効果の小さいものは，その逆の傾向を示した。今後，さらに多くの異種材料を複合させ，床衝撃音と材料特性の関係をより明らかにすることを検討している。

(平成5～7年度)  
(合板科)

### 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 (民間受託)

Development of Moulded Composite Panel

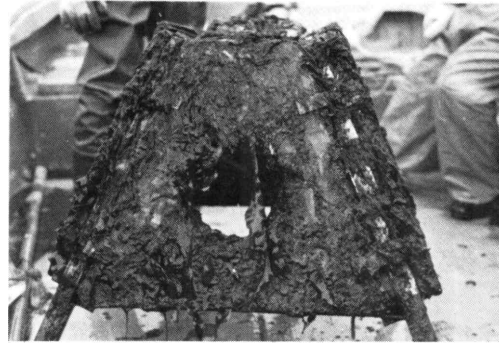
with Rubber and Wood Particles

(平成4～5年度)

(成研科，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



第1図 海中投入試験体(3か月経過時)

Fig. 1. Composite materials soaked in the sea for 3 months

木質材料を水産資材として利用することにより，異種産業分野での木材需要の喚起を期待するものである。

平成5年度は，実用化の可能性を見込める藻類の着床用材に用途を絞り，混合成形条件，試験体形状等を検討し試作品を作成した。また，試験体の設置・観察フィールドを忍路湾（小樽市忍路町）に設け，定期的に藻類の着床・生長状況の観察を実施した。5年12月に海中投入し，3か月経過したものに藻類が繁茂していることを確認した（第1図）。

6年度よりは，使用対象とする原料を木質炭化物から木質材料一般に広げ，研究課題も「木質系水産資材の開発」と改名し，研究を継続する。

(平成4～8年度)

(成研科)

##### 3.1.3 木質系廃棄物を原料とした複合材料の開発 (日住木センター委託)

## Development of Composite Materials

## Made of Waste Wood

この研究は、環境保全に配慮した廃棄物の減量化、再資源化など資源の有効利用を進める、林野庁の木質廃棄物再資源化利用技術開発事業の一環である。林産試験場は、木質系廃棄物の発生抑制技術開発および再資源化技術開発の研究を委託されている。

発生抑制技術開発では、熱帯林の保全が問題になっている現状から、南洋材製コンクリート型枠用合板の転用回数を上げて、使用量を抑制することにより、熱帯林の保全問題にこたえ、一方では産業廃棄物の減量を図ろうとした。このために、水溶性樹脂をベースに充填剤を加えた樹脂液を塗布後、ガラス繊維紙または不織布で覆い、加熱圧縮して平滑な樹脂膜を形成させる方法を考案し、樹脂液の配合割合、熱圧工程など処理条件を検討しながら、表面加工型枠用合板を製造し、性能試験と実用化試験を実施した。その結果、型枠用合板のJASに合格する新たな表面加工型枠用合板が製造でき、建物および防波堤工事の実用試験でも、コンクリートの付着が多かったことを除いて致命的な欠陥は認められず、転用回数は7回まで使用可能であった。

再資源化技術開発は、廃棄された木質物を資源化するための粉碎および異物除去技術ならびにこれを原料とする木質複合材料製造の研究である。

粉碎および異物除去技術の研究では、廃型枠用合板と石こうの粉碎による分離を検討した。粉碎機の機種は切削型、衝撃型および磨砕型に分類され、その粉碎機構の差異により、のご屑状から繊維状まで異なる形状の粉碎物がえられる。衝撃型粉碎機は、混入する異物の完全除去なしに粉碎可能なため、また粉碎物の形状を問題にしない場合、木質系廃棄物の粉碎に適していることが分かった。同様の方法により石こうを粉碎すると木質物より短時間で粉碎され、同重量の廃型枠用合板と石こうボードの混合物を粉碎して、6cmのふるいで分けると、ふるい下に木材の20%が含まれるが、90%の石こうは分離できた。

木質複合材料の製造研究では、以下の利用方法を検

討した。

## (1) 木質セメントボードの製造

廃棄物から製造した小片のセメント水和熱の測定による親和性の確認、製造および材質試験を行なった。廃棄されたラワン型枠用合板を主原料とする小片の水和熱は、正常に発生した。この場合の硬化促進剤の量は、安全を見込んで3%の添加が望ましい。耐火野地板を目標とした硬質木質片セメントボード製造試験で廃型枠用合板を原料としたボードは、難燃性および強度性能に無理があった。木造住宅解体チップ（柱、梁が主体）に廃型枠用合板を0~3%混合したものは、十分ボード原料となることを確認した。

## (2) 炭化技術と炭化物の利用

炭化実験炉および実用炉によって製造した温度別の炭化物の物性（容積量、pH、揮発分、比表面積など）を測定した。炭化物のpHは炭化温度300 で酸性を示すが、温度が高くなるに従い上昇し、500 以上でアルカリ性を示した。実験炉による炭化物の比表面積は400 まで原料と大差はなかったが、500 を超えると急激に増加した。これらの炭化物を用いて、肥料成分、重金属および除草剤などの吸着試験を実験室で行なった。また、圃場（ほじょう）でコマツナおよびダイズを栽培するときの吸着量を測定した。コマツナでは、肥料成分の吸着量が抑制され、一方ダイズでは増大した。また窒素とリンの吸収量と根粒重との間に比例関係を認めた。

## (3) 人工魚礁の開発

水産土木資材として要求される材料構成、形状、構造などが、確定できない段階であるため、各種資材を試作した。原料として、パーカ小片、チップー小片、建築廃材チップ+炭化物および背板のハンマークラッシュ粉碎物をセメントと混合して、海流の抵抗を小さくするための孔をあけたボードを製造した。これを平型荷台および角錐型荷台に取り付け、比較としてコンクリートブロックおよびエゾマツ材を同様に装着した荷台を加え、忍路湾の海中に投入した。海藻の付着状況および材料の劣化状況の調査を継続中である。

（平成5~8年度）

(山岸元主任研究員, 合板科,  
機械科, 成形科, 物性利用科, 耐久性能科)

### 3.1.4 高強度材料複合化による高性能構造部材の開発

Development of Structural Members  
Composed with High-Strength Materials  
and Wood

(平成5年度)

(加工科)

## 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 高樹齢カラマツ材の材質

Wood Qualities of Japanese Larch  
(*Larix leptolepis*) in Old Plantations

今後、産出の見込まれる高樹齢カラマツの材質に関するデータは少なく、調査する必要がある。

平成4年度に基礎材質試験を行った遠軽町有林産の約70年生(胸高直径53cm)と東大演習林(富良野市)産の83年生(胸高直径50cm)の高樹齢カラマツを各1本ずつを用い、年輪解析(遠軽産のみ)および強度試験を行った。

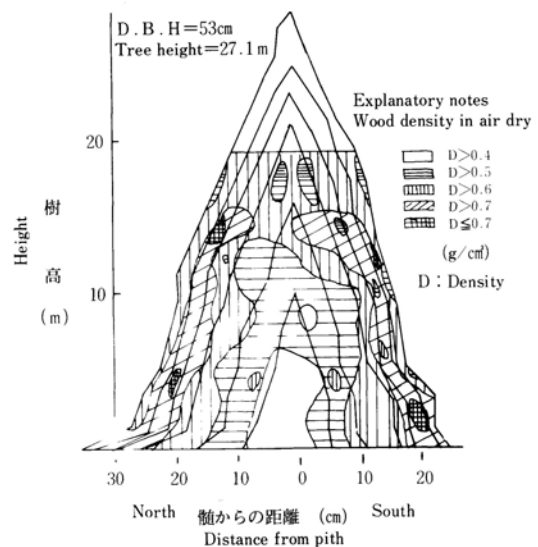
軟X線デンストメトリによる年輪解析は遠軽産のものについて、地上高1.3m, 2.3mおよびその上部2mごとに18.3mまで南北2方向で測定した。強度試験は1.3~2.3mの部位からクリア試験体を取り、曲げ試験と圧縮試験を行った。併せて、追加試験として遠軽産と同林分の標準木3本から、胸高部の生長錐試料を採取し、これらについて年輪解析を行った。

結果の概要は以下のとおりである。

#### (1) 軟X線デンストメトリによる年輪解析

遠軽産の樹幹内容積密度で $0.6\text{g}/\text{cm}^2$ を超える部分は地上高15m以下で、辺材部を除く外側から5~10cmの部分であった(第1図)。この分布は枝下材部での分

布とほぼ一致しており、上記容積密度部分は枝打ちによってある程度の増加が見込まれる。この密度に達する年数はほぼ30年以降であり、年輪幅は2~3mmであった。このような密度の増加は年輪幅の減少に伴う相対的な晩材率の増加によるものである。



第1図 樹幹密度分布(遠軽産)

Fig.1. Distribution of Wood Density(Engaru)

#### (2) 強度試験

結果は下記に示すとおりである。

	圧縮強さ $\sigma_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	曲げ強さ $\sigma_b$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	曲げヤング係数 E b (tonf/cm <sup>2</sup> )
遠軽産	327~508~683	368~895~1207	39~111~151
東大産	327~509~621	646~768~890	80~111~129

強度は外側に向かって比重の増加とともに増大する。平均値では圧縮強さ、曲げヤング係数は両産地ともほぼ同じで、曲げ強さは遠軽産のものが東大産より優っていた。最大値ではいずれも遠軽産の値が大きかった。これは遠軽産が東大産に比べ、外側の容積密度が大きいためである。

#### (3) 生長錐を用いた年輪解析

供試木3本の外側から20年輪の平均容積密度はそれぞれ $0.57, 0.58, 0.64\text{g}/\text{cm}^3$ であり、容積密度は大きく、上記2本と同程度の容積密度であった。

(4) まとめ

カラマツの材質は髓から外側に向かって大きく変動し、約30年輪以降に優れた材質を有している。したがって高樹齢カラマツ材といっても材質の悪い部分もかなり含まれていると考えなければならない。材質を向上させるためには早期の枝打ちの実施が望まれる。現存するカラマツを長伐期施業にするには、年輪幅が2~3mmに保たれるよう適切な密度管理と、疎開に伴い発生する不定枝の枝打ちを行う必要がある。

(平成4~5年度)

(材質科)

4.1.2 道産広葉樹材の材質

Wood Qualities of Lesser-known Broadleaved 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上での指針となる基礎的データの集積を目的として、各種材質試験を行っている。

(1) 材料および方法

道有林浦幌経営区の天然林から、胸高直径20cm以上のコシアブラ、ミズキ、ナナカマド、アズキナシ、ハクウンボク、サワシバ、コブシの7樹種各3本（アズキナシ、サワシバについては5本、ハクウンボクについては4本）、また、道有林北見経営区からヤマナラ

第1表 浦幌、北見産供試木の肥大生長と材密度（1番玉末口）  
Table 1. Features of increment growth and values of wood bulk density at top ends of the first logs from Urahoro and Kitami districts

樹種 Species	直径 Diameter (cm)	年輪数 Annual ring number	平均年輪幅 Average ring width (mm)	容積密度 Bulk density (kg/m <sup>3</sup> )
ミズキ <i>Cornus controversa</i>	28	69-98	1.7	408-456-504
コシアブラ <i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	26	81-86	1.6	301-341-391
ナナカマド <i>Sorbus commixta</i>	26	67-92	1.6	468-531-601
アズキナシ <i>Sorbus almyfolia</i>	28	87-89	1.6	404-499-567
サワシバ <i>Carpinus cordata</i>	22	81-89	1.3	452-560-612
ハクウンボク <i>Styrax obassia</i>	22	86-90	1.3	464-524-573
コブシ <i>Magnolia kobus</i>	26	43-80	2.3	367-403-440
ヤマナラシ <i>Populus sieboldii</i>	26	74-77	1.7	272-332-388
ミズキ <i>Cornus controversa*</i>	24	65-73	1.7	428-484-530
コシアブラ <i>Acanthopanax sciadophylloides*</i>	26	68-70	1.9	299-343-378
ナナカマド <i>Sorbus commixta*</i>	24	59-69	1.8	512-566-628

\* 旭川産材 Logs from Asahikawa district

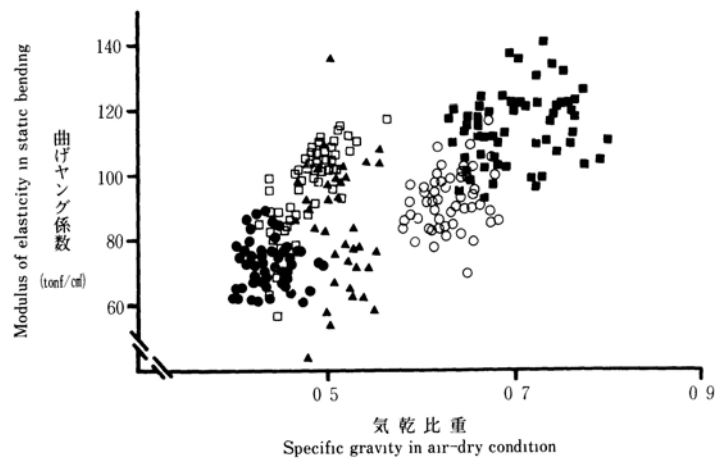
第2表 旭川産供試木の収縮試験結果  
Table 2. Shrinkage of wood of tested tree species from Asahikawa district

樹種 Species	比重 Specific gravity in air-dry	平均収縮率(%) (級区分*) Average shrinkage per 1% moisture content (%) (Classification*)		T/R比 Degree of anisotropic shrinkage	平均年輪幅(mm) Average ring width (mm)
		接線方向 Tangential direction	放射方向 Radial direction		
ミズキ <i>Cornus controversa</i>	0.62	0.23 (II)	0.17 (III)	1.3	2.0
コシアブラ <i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	0.43	0.23 (II)	0.13 (II)	1.8	2.1
ナナカマド <i>Sorbus commixta</i>	0.70	0.31 (III)	0.15 (III)	2.2	2.4
ケヤマハンノキ <i>Alnus hirsuta</i>	0.46	0.26 (II)	0.12 (II)	2.3	3.8
ニゾノキヌヤナギ <i>Sarix pet-susu</i>	0.50	0.25 (II)	0.07 (I)	3.8	5.7
ミズキ <i>Cornus controversa*</i>	0.67	(III)	(IV)		
マナダ <i>Ostrya japonica*</i>	0.70	(III)	(IV)		
マカバ <i>Betula maximowicziana*</i>	0.69	(III)	(IV)		
ヤマハンノキ <i>Alnus hirsuta var sibirica*</i>	0.49	(II)	(III)		

\* 日本木材加工技術協会(1966)「世界の有用木材300種」

第3表 旭川産供試木の強度試験結果  
Table 3. Strength properties of woods from Asahikawa district

樹種	比重	曲げヤング係数	曲げ強さ	縦圧縮強さ	衝撃曲げ吸収エネルギー
Species	Specific gravity	Modulus of elasticity in static bending	Modulus of rupture in static bending	Compressive strength parallel to grain	Absorbed energy in impact bending
		(tonf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(kJ/m <sup>2</sup> )
ミズキ <i>Cornus controversa</i>	0.63	91.5	891	384	1.03
コシアブラ <i>Acanthopanax sciadophylloides</i>	0.44	72.7	649	315	0.43
ナナカマド <i>Sorbus commixta</i>	0.70	98.9	1139	543	1.49
ケヤマハンノキ <i>Alnus hirsuta</i>	0.46	88.4	760	368	0.58
エゾノキヌヤナギ <i>Sarix pet-susu</i>	0.50	79.1	762	364	0.66



第1図 旭川産供試木の材比重と曲げヤング係数の関係  
Fig.1. Relationships between specific gravity and modulus of elasticity in static bending of logs from Asahikawa district

○：ミズキ *Cornus controversa* ●：コシアブラ *Acanthopanax sciadophylloides* ■：ナナカマド *Sorbus commixta*  
□：ケヤマハンノキ *Alnus hirsuta* ▲：エゾノキヌヤナギ *Sarix pet-susu*

シ5本の供試木を得た。

それらの供試木の1番玉末口付近（地上高2.5m前後）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。

平成4年度に道有林旭川経営区から得たコシアブラ、ケヤマハンノキ、エゾノキヌヤナギ、ミズキ、ナナカマドの供試木から樹心を含む板を製材し、収縮および各種強度試験を行った。

(2) 結果

浦幌および北見経営区から得た樹種の年輪幅、容積密度数の測定結果を第1表に示す。ミズキ、コシアブラ、ナナカマドの3樹種は、4年度に旭川経営区からも得ているので、産地間でも比較した。各樹種の肥大

生長と容積密度数の特徴を以下に述べる。

- ① ミズキの肥大生長は浦幌産と旭川産でほぼ同様であったが、容積密度数は旭川産のものがやや高かった。
- ② コシアブラの肥大生長は浦幌産よりも旭川産の方が旺盛で、直径26cmになるまでに10年程度の差があった。平均年輪幅に差がある一方、容積密度数では大差なく、いずれも低い容積密度数を示した。
- ③ ナナカマドの肥大生長は旭川産の方が若干旺盛ではあったが、大差なく、容積密度数は旭川産の方が高かった。
- ④ アズキナシは肥大生長はナナカマドと同様であるが、容積密度数ではナナカマドよりも低い値であっ



た。

- ⑤ サワシバは肥大生長が緩慢で、小径木が多いが、容積密度数は供試樹種中最大であった。
- ⑥ ハクウンボクの肥大生長はサワシバと同程度で小径木であったが、容積密度数はサワシバに次いで高かった。
- ⑦ コブシは今回調査した樹種の中で最も肥大生長が旺盛であったが、容積密度数はやや低い方であった。
- ⑧ ヤマナラシは肥大生長が旺盛であったが、容積密度数は最も低かった。

旭川経営区産5樹種の材の収縮試験結果を第2表に示す。各樹種に対する評価は以下のとおりである。

- ① 今回試験したミズキは、既往の文献のものよりも低比重で、収縮率も1ランク小さい値を示した。他の樹種と比較して、接線／半径方向(T/R)比が小さく、狂いの少ない材であることがうかがわれる。
- ② コシアブラは、比重が低い分、それなりの小さい収縮を示した。
- ③ ナナカマドは、年輪幅の広い部分が高比重で、収縮率も大きかった。既往の文献で、同程度の比重を持つ他樹種(アサダ、マカバ)と比較すると、収縮率はやや小さかった。
- ④ ケヤマハンノキは、ヤマハンノキについての既往の値よりも比重がやや低く、T方向の収縮率がやや大きかった。
- ⑤ 今回用いたエゾノキヌヤナギは、アテ材を含み比重が大きい割に収縮率は小さかったが、T/R比が大きく、特に年輪幅の広い部分で大きかった。

旭川経営区産5樹種の材の強度試験結果を第3表に、比重と強度性能の関係の一例として比重と曲げヤング係数との関係を第1図に示す。これによると、今回調査した広葉樹類は樹種により比重は異なるが、比重と強度性能の関係はほぼ同一の尺度で評価でき、特殊なものはない。

(平成4～6年度)

(材質科)

#### 4.1.3 造林木の立木での材質評価

—枝と幹との関係—

Evaluation of Wood Qualities for  
Plantation-grown Trees on Standing Trees  
—Relationship between qualities of  
branch and trunk—

樹木を伐らずにその材質を知ることができれば、次代に残す母樹の選別や利用木の択伐など良好な育種や施業が可能になる。一般に立木の材質を知るために、樹幹から生長錐でサンプルを採取する機会が多いが、これには二つの大きな問題点がある。

第1点目は、髓の位置が外観からは分からないことで、髓までのサンプルを採取できる保証がない。

第2点目は、小さいとはいえ、樹木にとって重要である胸高径付近に穴があくことで、とくに、トドマツでは水食いの発生や枯損の原因となる。

そこで、樹幹部の容積密度の推定が枝部の容積密度から可能になるならば、優良材質を持つ家系や林分内の優良木の選別に対して有効な方法になるといえる。

ここでは、枝と樹幹部の容積密度を測定し、その関連性を検討した。

供試木は、林業試験場道東支場産の2家系のトドマツ精英樹である。枯れ上がり部分を除いて枝部も含めて採取した。

試験は、枝とそれに対応する樹幹の容積密度を水浸漬法と軟X線写真デンシトメトリ法によって求めた。前者では、枝の樹幹側基部から先端方向へ連続して、試料(5～6cm程度)を採取し、後者では、各枝齢(樹齢位置に対応)で、各年生の枝(枝先端を1年生として基部に向かって年生は増加し、各枝で枝齢までの年生がある)の中央部より厚さ2mmの木口断面試料を採取し、容積密度を測定した。

得られた結果は以下のように要約できる。

##### (1) 水浸漬法による容積密度数の分布

容積密度数の分布は、枝齢に関係なく一定の傾向が認められる。すなわち、各枝齢とも1年生では極端に小さく、樹幹側の最終年生では樹幹に近づくにつれて、急激にその値を大きくしている。中間年生のもの

は比較的安定した値を取っている。

樹幹部位別の平均容積密度数の分布は先端部で大きく、樹齢を重ねるにしたがって小さくなり、5年生前後からほぼ一定値を取っている。

枝と樹幹の平均容積密度数の関係では、アテ材の影響が小さく、数値が安定している2年生枝と同一部位の樹幹との間で、高い相関関係 ( $r=0.880$ ) が認められる。また、枝の平均容積密度数は、樹幹の値より25%程度大きい。

(2) 軟X線写真デンシトメトリ法による容積密度の分布

容積密度の大きさからみたアテ材部は、若齢の枝(2~3年生)からも認められる。アテ材部の面積は枝齢や枝年生で異なり、樹幹に近い枝では全面的にアテ材部が存在する。アテ材部の容積密度は大きくばらついており、最大では晩材密度(0.63)程度になり、平均容積密度を求めるのは難しい。

正常材部の容積密度の分布は、枝年輪内でアテ材部と異なり安定している。早材部と晩材部を分けると、晩材部の値は樹幹の値より10%程度小さく、不完全なものも存在する。しかし、晩材率が小さいため平均容積密度への影響は少ないと考えられる。

樹幹部位別容積密度では、平均容積密度数(水浸漬法)の分布と同様な傾向が認められ、5年生以上であればほぼ一定値である。

枝と樹幹の平均容積密度の関係では、枝正常材部の値は全平均および早材部平均とも樹幹の値より、22%程度大きい。

まだ、解析は十分ではないが、水浸漬法および軟X線写真デンシトメトリ法とも、枝部容積密度から、同一林分内において樹幹部での容積密度の相対評価を可能ならしめるものと考えられる。

(平成5~7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実用化

Development of Practical System for Non-destructive Lumber Strength Grading

製材の等級区分に機械等級区分を導入することにより、目視等級区分よりも高い強度の保証や細かな等級区分が可能となり、製材を有効に活用することができ。特に、これを自動化した場合には生産の効率化を図ることもできる。この機械等級区分を一般の製材工場に普及するためには、在来工法住宅で用いられる正角材や平角材を対象とする、安価で、簡便な装置が要求される。本研究では非破壊検査法として打撃音法を採用した機械等級区分装置の開発を行った。

平成4年度には計測フローおよび測定方法について検討し、機械等級区分装置を試作して、その動作を確認した。試作した装置は各機構の動作にエアシリンダを使用し、プログラマブルコントローラで装填、打撃、排出の各ステップ内の制御を行い、パーソナルコンピュータで全体の制御、動的ヤング係数の計算、等級の判定を行っている。ピーク振動数はFFTアナライザ上で、マイクロホンを用いて収集した打撃音から求めている。重量の測定はビーム型ロードセルで行い、断面寸法、材長の測定は非接触の赤外線距離センサで行っている。

この装置の動作を確認したところ、材料供給機構の動作が不安定であること、FFTの入力オーバーなどの原因で再打撃が必要な場合でも、打撃機構が対応できないこと、1体当たりの処理時間は約30秒であってやや遅いことなどの問題点がみられた。

5年度は、4年度に明らかになった問題点の解決にあたった。材料供給機構および打撃機構については、新たに設計、製作した。また、処理時間の短縮のためにプログラムの改良、各部の調整を行った。この改良機では、各機構は順調に動作し、1体当たりの処理時間は20秒程度にまで向上した。

(平成4~5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

林産試験場ではパーティクルボードの耐水性を向上させるため、MG（マレイン酸・グリセリン）処理パーティクルボードの開発を行っている。平成3年度には、このボードから小型試験片を採取し、基礎材質試験を行った。5年度はこのボードを建築用壁・床下地材として使用する際の基礎データを得るため、JIS A 1414「建築用構成材（パネル）およびその構造部分の性能試験方法」に準じて、床パネルの単純曲げ試験、壁パネルの面内せん断試験A（タイロッドを用いる方法）を行った。

曲げ試験体は910×3640mmで、床根太として208材4本を組み合わせ、面材として13mm厚MG処理パーティクルボードおよび12mm厚構造用合板を打ち付けた。壁試験体は1820×2730mmで、たて枠材として204材4本、上下枠材にも204材を用い、面材として13mm厚MG処理パーティクルボードおよび9mm厚構造用合板を打ち

付けた。

曲げ試験は全スパン340cm、4等分点2点曲げ、荷重点間距離170cmで、面内せん断試験は1方向せん断荷重によって行った。

試験結果の概要を以下に記す。

曲げ試験では、すべて根太材の節部から破壊を生じた。スパンの1/300の制限たわみにおける最大曲げモーメントは、一般住宅の居室に対する設計荷重時の約2.5倍の値を示している。面内せん断試験では、引張側たて枠材と下枠材との接合部のくぎが引き抜ける状態で破壊した。面材には、若干のくぎのめり込みはあるものの、ほとんど損傷は認められない。この壁試験体の壁倍率は、MG処理パーティクルボードを面材に使用した壁体では4～5、構造用合板を面材に使用した壁体ではおよそ3であった。

（平成2～5年度）

（材料性能科）

# 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年に改正となったJASの構造用製材に、出荷時の製品寸法に許容限度が定められた。これをクリアするには乾燥に伴う収縮量を見込んだ歩増し量と、出荷時の製品寸法に仕上げるための加工方法について検討する必要がある。そこで、構造用製材の乾燥材生産のための歩増し量の検討と修正挽き技術を確立する

ため、4年度の正角材に続き5年度は平割りの製材寸法について検討を行った。

エゾマツ、トドマツの原木から平割りを50×110mmで製材し、圧縮乾燥（目標含水率20%）を行った。収縮量を測定後、モルダーにて45×105mmに仕上げ、削り残しを測定した。

収縮の結果を第1表に示す。

正角では中央より木口の収縮が大きかったが、平割りでは逆転している場合がみられた。これは調湿処理によるものと考えられ、断面の小さい平割りは正角より収縮・膨潤が拘束されにくいと思われる。

板目木取り材の収縮は正角の場合と比較して幅である板目方向はほぼ同じであったが、厚さである柃目方向では断面の小さい平割りの収縮量が大きくなった。この点でも断面の小さい平割りは収縮・膨潤が拘束さ

表1 収縮の割合

Table 1. Shrinkage ("Hirawari" sawed size 110 × 50mm)

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> Specific gravity (air-dry) 0.42 Annual-ring width 1.5mm	Flat grain	Radial section (thickness)	Both edge	2.81	5.29	1.21	27.9	2.48	4.25	1.06	30.3	
			Center	2.34	3.98	1.49	23.3	2.23	3.92	0.92	25.9	
		Tangential sec. (Width)	Bark side edge	3.66	4.93	2.44	18.6	3.64	5.08	1.85	21.1	
			Pith side edge	3.80	5.09	2.22	18.7	3.63	4.86	1.97	20.2	
	Including all patterns	Diagonal	Intermediate	3.56	4.77	1.89	20.5	3.55	5.17	1.64	22.0	
				Thickness	3.18	6.57	1.21	33.0	2.93	5.74	1.06	37.9
		Including all patterns	Thickness	Center	2.88	4.87	1.49	33.1	2.80	5.68	0.92	36.3
				Both edge	3.36	5.09	1.20	27.4	3.23	5.08	0.95	27.9
				Both edge	3.36	5.09	1.20	27.4	3.23	5.08	0.95	27.9
				Diagonal	3.26	4.77	1.04	28.1	3.29	5.17	0.81	27.7
トドマツ <i>Abies sachalinensis</i> Specific gravity (air-dry) 0.41 Annual-ring width 2.2mm	Flat grain	Radial section (thickness)	Both edge	3.05	5.43	1.26	37.4	2.99	5.93	1.01	37.5	
			Center	1.97	2.79	0.93	30.8	2.17	5.33	0.14	52.7	
		Tangential sec. (Width)	Bark side edge	3.16	4.00	2.10	19.5	3.52	5.25	2.22	20.2	
			Pith side edge	3.35	4.38	2.39	17.2	3.42	4.94	1.33	27.4	
	Including all patterns	Diagonal	Intermediate	3.07	4.41	1.93	20.4	3.40	4.62	1.20	22.5	
				Thickness	3.10	5.43	0.83	36.7	2.90	5.93	0.48	39.7
		Including all patterns	Thickness	Center	2.31	3.42	0.93	32.7	2.55	5.33	0.14	45.2
				Both edge	2.87	4.38	0.28	29.8	3.10	5.25	0.71	31.5
				Both edge	2.87	4.38	0.28	29.8	3.10	5.25	0.71	31.5
				Diagonal	2.79	4.41	0.94	32.9	3.07	4.87	0.60	33.8

注：数値は通常の収縮率（β）とは異なる、（生材寸法－気乾寸法）/気乾寸法×100（%）

Note not normal shrinkage number (β), (Green dimension - Air-dry dimension) / Air-dry dimension × 100

れにくいことを示唆している。

木取りを無視した長さ中央の収縮の割合（全平均）では、エゾマツで幅3.36%、厚さ材縁3.18%、厚さ中央2.88%、トドマツでは幅2.87%、厚さ材縁3.10%、厚さ中央2.31%であった。トドマツは厚さにおいて材縁と中央の収縮の差が大きい。これは特に板目木取りにおいて顕著である。

モルダー仕上げで削り残しが40%以上のものの割合はエゾマツ31.8%、トドマツ26.3%、このうち利用上あまり影響を受けない厚さ面に存在するものがそれぞれ18.2%、10.5%であった。

削り残しの原因としては、断面自体の不足ではなく多重曲がりによる。多重曲がり自体は大きなものではないが、飽削の際、定盤面に当らない部分が現れたためである。

（平成4～5年度）

（製材科，乾燥科，加工科）

### 1.1.2 製材工程の省力化技術の開発

—帯のご盤の送材速度の自動制御—

Development of Automatic Process in Sawmill

—Automatic control for speed of running carriage—

近年製材業は人手不足，従事者の高齢化が進む一方，若年者の新規従事者が減少している。このような状況の中，製材機械は誰にでも扱えるように自動化の一途をたどっている。しかし，そのほとんどが木取りの決定とそれに伴う歩出しと挽き材の自動化に向けられている。今後，一層の合理化を図るためには機械の能力把握による送材制御を行う必要がある。

そこで送材車（電気走行）の速度の最適制御を行うための技術の開発を目標に，平成5年度は挽き材中の挙動を測定し解析を行った。

試験は挽き高さ210mmのエゾマツ，トドマツのブロックから厚さ45mmの板を採材し，その際のこの変位（横および後退），この車回転数，送材速度，送材車走行命令電圧を測定した。送材車後退時に挽き曲がり量の測定を行った。また，試験中の音を測定し，解析

した。挽き材条件は送材速度を一定とし，元口挽き，末口挽き別に20，30，40m/分とした。併せて，試験前後におけるアサリ幅を測定した。

試験の結果，以下の結果が得られた。

送材速度に対するこの横変位を比較すると40m/分は20m/分の2～3倍の値を示した。歯前側の横変位は背側より大きい値を示したが，送材速度が大きくなると逆転することもみられた。送材速度40m/分の際，この最大横変位は歯前側7.6mm，背側6.5mm，後退量4.9mm，この車回転数の低下24rpm（4%）であった。

送材速度の増加に伴い，周波数の315Hz以上の音の増加がみられた。また空転音では，この研磨直後に比べ試験終了時にわずかながら800Hz以上の周波数においての増加が認められた。

アサリ幅の減少は元口挽き全301mで切削前2.10mm，切削後2.04mm，末口挽き全290mで2.02mmが2.00mmであった。

（平成5～6年度）

（製材科）

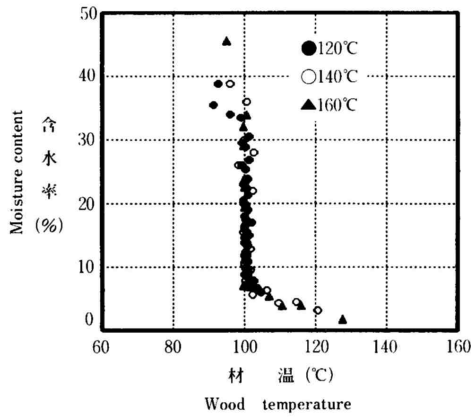
## 1.2 乾燥技術の改善・開発

Improvement and Development of Drying Technologies

### 1.2.1 熱板乾燥の技術

Development of Hot-Press Drying Technology

一般的に熱板乾燥法は，高温下での直接加熱方式をとるため通常の人工乾燥法（熱気乾燥）に比べ，短時間の乾燥，寸法安定化などの効果を付与することが以前から知られているが，多くの企業でこれを採用する状況にはまだなっていない。樹種・材種によっては内部割れが発生したり，適正温度・圧縮圧力と処理時間の解明，生産量と作業性の問題などは今後検討すべき課題である。そこで平成5年度は，一般に乾燥が困難とみられるミズナラと比較的容易なマカンバを用いて，熱板乾燥特性の把握，含水率検知方法（乾燥時間）の検討，通気板（材の上下に挟み込み水蒸気を逃すためのアルミ板）形状などの検討を行った。



第1図 熱板乾燥中の材温と含水率の関係  
Fig.1. Relationship between wood temperature and moisture content in drying by the hot-press

乾燥条件は熱板温度120, 140, 160 の3条件, 圧縮圧力3, 6, 9kgf/cm<sup>2</sup>の3条件で組み合わせ9条件とした。なお, 試験材は材厚が12, 27, 42mmの3種類で, 材幅9cm, 材長50cmのものを1条件5体供試し, 小型プレスで実験を行った。

乾燥特性としてミズナラ材は, 高含水率の場合いずれの材厚, 温度条件によっても木口割れ, 内部割れが著しく発生し製品化に支障がでるが, 天乾等で初期含水率を約30%以下に下げればこれらの問題を軽減できる。マカンバ材においてはこれらの問題は発生せず, 仕上がりは良好である。また, 厚さ歩減りは圧縮圧力が大きいほど大きく, マカンバ材の含水率5%乾燥時で14~16% (9kgf/cm<sup>2</sup>), 11~12% (3kgf/cm<sup>2</sup>) の歩減り率であった。材幅の歩減り率は, 0.5~2% (9kgf/cm<sup>2</sup>), 2~4% (3kgf/cm<sup>2</sup>) となり, 厚さ方向に比べわずかの量で負の相関が得られる。

マカンバ材の材厚ごとの乾燥時間(含水率を60%から5%まで下げる時)は, 含水率と時間のデータを含含水率減少曲線を決定する指数関数式にあてはめ推定すると, 材厚12mmは89~129分(120), 47~61分(140), 25~36分(160), 材厚27mmは370~384分(120), 169~191分(140), 101~130分(160), 材厚42mmで764~872分(120), 359~510分(140), 207~325分(160)となった。推

定時間における範囲は圧縮圧力条件の影響で, 高い圧力ほど乾燥時間は短い傾向になり, かつ, 6kgf/cm<sup>2</sup>と9kgf/cm<sup>2</sup>の間に大きな差はみられない。

熱板上に並べた試験材5体の内, 最側部に置いた試験材1体の側面から熱電対を深さ4cmまで埋め込み乾燥中の材温を測定し, 実際の含水率との関係を調べた結果を第1図に示す。この図は, 材厚27mmのものであるが, 含水率7~8%まで材温はほぼ100 を推移し, それ以降急速に昇温し始める傾向が明らかとなった。これは, 材中水分の減少と材温との関係が密接なものであることによるが, これにより昇温時期の含水率がほぼ7~8%と判断でき, 例えば乾燥終了時の目安として利用可能と思われる。材厚ごとの昇温時期の違いはほとんど見られないが, 42mm材の昇温速度は27mm材に比較すると緩やかで, 昇温が顕著に現れた含水率は若干低い5~6%付近であった。また, この関係は材内の水蒸気分圧が1気圧の状態を得られる現象のため, 水蒸気圧がこれ以上になる場合は, 乾燥中に数回圧縮を解除し圧抜きを行う必要がある。さらに, この解圧作業により水分蒸発の促進が図られるため, 乾燥効果としても望ましい方法と考えられる。

通気板は水蒸気の逃し穴(4mm径)の孔間隔を20mmと30mmとした2種類を用い, 乾燥性を比較検討した。また, 通気板を使用しないでステンレス網を材の上下に挟み込む方法でも検討を加えた。その結果, いずれも両者に大きな違いはみられず, コスト・作業性を考慮にいたれ通気板の選択が実用的であるとの認識が得られた。

(平成4~5年度)  
(乾燥科)

### 1.2.2 マイクロ波乾燥技術の検討

Studies on Drying Technology with  
Microwaves

木材にマイクロ波を照射する場合, 木材内部の水分に集中して吸収されるため熱効率が高いものの, 商用電力からマイクロ波への変換効率が低いため消費電力量が大きく, 結果的にマイクロ波で木材の乾燥を行う

第1表 試験結果  
Table 1. Results of experiment

樹種 Species	照射条件 Schedule of microwave irradiation				含水率 (%) Moisture content			平均乾燥 速度 Average of drying rate (% / h)	電力コスト <sup>2)</sup> Electric power cost (¥/m <sup>3</sup> )	
	出力 <sup>1)</sup> Power (mw/cm <sup>2</sup> )	時間 Time (h)	⇔	出力 Power (mw/cm <sup>2</sup> )	時間 Time (h)	初期 Initial ①	仕上り Final ②			含水率差 Difference ①-②
エゾマツ <i>Picea jezoensis</i>	70	1	⇔	50	2	30.96	11.38	19.58	6.53	14,268
カラマツ <i>Larix leptolepis</i>	70	1	⇔	50	2	30.67	11.90	18.77	6.26	17,011
シナノキ <i>Tilia japonica</i>	100	1	⇔	80	3	69.67	9.19	60.48	15.12	8,910
ミズナラ <i>Quercus crispula</i>	60	1	⇔	40	3	61.41	51.41	10.20	2.55	39,201

注) 供試材寸法 (cm) : 10.5W×10.5D×30L, 供試体数 : 2, 供試材積 (cm<sup>3</sup>) : 6615  
 Note) Sample size (cm) : 10.5W×10.5D×30L, Sample numbers : 2, Volume of sample (cm<sup>3</sup>) : 6615

1) 出力: 材積1cm<sup>3</sup>当たりのマイクロ波発振出力。  
 The microwave power irradiated per cubic centimeter

2) 電力コスト: 材積1m<sup>3</sup>を含水率40%→10%まで乾燥する場合を仮定し、次式で求めた。  
 The electric power consumption to dry a cubic meter timber of 40% moisture content to 10% was obtained by following equation

$$\text{電力コスト (¥/m}^3\text{)} = \frac{\text{電力料金 (22¥/kwh)} \times \text{含水率差 (30\%)} \times \text{含水率1\%当たりの電力消費量 (Cumulative electric energy consumption per 1\% moisture content decrease (kwh/\%))}}{\text{材積 (0.006615m}^3\text{)}}$$

方法は他の方法に比べ乾燥コストが高くなる。しかし、適正な操作や他方法との組み合わせによって乾燥コストを低減させ、内部加熱方式の特性を生かして乾燥材の高品質化を図れる可能性が残されている。

平成4年度は、林産試験場所有のマイクロ波乾燥装置（東芝製、発振機総出力1.5kw）の装置的な特性を把握するため、マイクロ波の照射むらの傾向を調べた。その結果、ターンテーブルを停止した状態ではマイクロ波の照射が装置における一定の位置に集中し、その傾向は照射時間をかけるほど顕著に現れることが判明した。したがって、ターンテーブルを運転することは照射むらを解消するための必要条件であり、5年度は供試材に熱電対を挿入しての材内部温度測定（材温制御）を行わなかった。

5年度は、マイクロ波連続照射30分ごとに照射を停止し、即座に装置から供試体を取り出して重量を測定し、乾燥性を調査した。試験の目標仕上り含水率は10%とし、乾燥終了後の水分傾斜や損傷、あるいは乾燥コストを考慮しながらマイクロ波の照射出力および時間を設定した。供試した樹種はエゾマツ、カラマツ、シナノキ、ミズナラで、供試体寸法は10.5cm正角材で長さ30cm、1回の供試体数は2体とした。

試験結果の一例を第1表に示す。ミズナラを除く樹種については、第1表の照射条件で損傷なく乾燥させ

ることができた。すなわち、従来は材温制御などの複雑な操作を必要としたが、単位材積当たりの出力および照射時間の操作のみで損傷なく乾燥させることができたことになる。

マイクロ波照射後の材は横断面内における水分傾斜が内層<外層となるが、第1表の供試材の長さ方向中央部における内層と外層の平均含水率の差（外層-内層）はエゾマツが6%、カラマツが7%、シナノキが10%程度であった。この水分むらを解消するために、マイクロ波照射終了後のシナノキ供試材（30cm長さ）を40℃設定の恒温槽内に2時間放置したところ、特に長さ方向の水分傾斜の解消に有効だった。

（平成4～5年度）

（乾燥科）

### 1.3 注入技術の改善・開発

Improvement and Development of  
Impregnating Technologies

#### 1.3.1 連続釘式インサイジングマシンの開発

Development of Needle Incising Machine

難注入材である道産針葉樹を用いて、平成2年度に制定された「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は、防腐剤の注入性の改善が必要である。従来のインサイジングマシー

ンは、刺傷痕の深さに限界があり上記基準を満足できない。

3年度は、釘によるインサイジングについて検討し、単一インサイズ痕における防腐剤浸潤長を測定し、基準を満足する単位面積当たりのインサイズ痕の数（インサイジングパターン）を決定した。

4年度は、連続釘式インサイジングマシンを試作して、3年度に決めたインサイジングパターンに基づいて、カラマツ正角材（3.65m）を処理した。その結果、従来のインサイジングマシンとほぼ同等の処理速度を得た。しかし、使用したコンクリート釘（4.8mm）が太いために美観を損ねること、処理材の曲げ強度の低下率が平均で約30%となり基準値（10%以内）を満足しなかった。また、正角材60本程度処理すると釘に曲がりや折れが発生するなどの問題があった。

5年度は、4年度の問題を解決するために、本装置の改良を行い以下の成果を得た。

- (1) 釘の曲がり防止機構を考案し保持部に取り付けた。これによって、これまでコンクリート釘の最小径2.8mmを使用した場合、処理可能本数はカラマツ正角材1本であったが、230本以上処理可能となった。しかし、強度低下は15%となり基準値を満足できなかった。
- (2) 上記の結果から、美観の向上と強度低下の抑制のために使用する釘の直径はさらに細くすることが要求される。そこで、コンクリート釘以外の釘の太さと木材の処理可能本数を調べた。1.2mmの軟鉄釘、ピアノ線ではカラマツ正角材を1本も処理できなかった。工具鋼材では1.2mmで18本、1.4mmで32本、1.6mmで83本処理できた。工具鋼材の釘1.6mmを使用して処理したカラマツ正角材の曲げ強度を測定した結果、低下率は約8%であり基準値を満足することが明らかになった。
- (3) トドマツはカラマツに比べ処理後の痕が小さく、強度低下も少ない。したがって、2.8mmのコンクリート釘を使用しても強度低下は基準値を満足できる可能性がある。試験の結果、曲げ強度の低下率は

5%で、基準値を満足することができた。

6年度は防腐処理材として需要が多い円柱材用の釘式インサイジングマシンを開発、試作する予定である。

（平成5～6年度）  
（機械科）

### 1.3.2 蒸煮処理による道産トドマツ材の注入性向上

Improvement of Permeability of Todo Fir  
(Abies sachalinensis) Grown in Hokkaido  
District with Pressurized Steaming

平成3、4年度に行ったプロジェクト研究「外構部材に用いる道産材の防腐処理技術の改善」では、トドマツ材で「薬品処理木質外構部材の製造基準」に定められた処理基準（正角材の木裏で16mmの浸潤長）を満足する蒸煮条件が、150、100分であることを明らかにした。

しかしながら、この条件では曲げ強度の残存率が75%となることや、試験の繰返し数が少ないこともあったので、蒸煮条件をさらに広げて効果を確認するために次の条件で試験を実施した。

試験材料としてトドマツ10.5cm心去り正角材を用いた。蒸煮条件は、温度を145、150および160とし、蒸煮時間は50、75および100分とした。

蒸煮による注入性の向上効果は、CCA溶液を4年度と同様の条件で注入して判定した。その結果以下ことが明らかとなった。すなわち、CCAの蒸煮による注入性向上率は、167%であり、浸潤長向上率はきわめて大きく546%であった。また、処理基準に対する浸潤長（16mm）の合格率は、150、100分で約80%であった。ただし、この時の曲げ強度残存率は66%であった。材面の割れ本数は強度低下と比例関係にあった。

以上のことから、蒸煮による注入性向上効果はほぼ期待どおりであったが、強度低下が大きく、材表面の割れや外観の汚染など実用的には残された問題が多い。したがって、現時点では本方法による注入性の改善については、実用化が困難であると判断した。



(平成5年度)  
(耐久性能科, 物性利用科)

#### 1.4 接着技術の改善・開発

Improvement and Development of Gluing  
Technologies

##### 1.4.1 屋外構造用集成材の接着性能評価

Evaluation of Adhesion Property for  
Laminated Timber

試作した実験室規模の試験機により、曲げ繰り返し回数に伴う応力、材表面温度の経時変化を予備的に検討した。動的ヤング率、材温度は、材比重、試験片形状、劣化の程度を反映し、本試験機により疲労挙動を評価することが可能であると判断された。

集成材を構成する素材（ラミナ）の疲労挙動を検討した。針葉樹（エゾマツ）と広葉樹（タモ）について、疲労挙動に及ぼす諸因子を調べた。その結果、変位、含水率が材の疲労挙動に影響を与えた。変形の増大と含水率の減少に伴い、相対応力（ $E/E_0$ ）、破壊に要する繰り返し変形の回数（ $N_b$ ）が減少した。さらに、変形の増大に伴い発熱量（ $Q$ ）が増大した。他方、含水率も、 $N_b$ と $Q$ に密接に関係したが、その寄与は特徴的であった。凍結融解処理は低比重のエゾマツに関して影響を与えた。

2プライ接着のエゾマツ、タモについて同様の試験を行った。接着剤は、レゾルシノール、水性ビニルウレタンの2種類を用いた。疲労挙動は、概略素材の場合と同じであったが、発熱量への寄与が接着材の種類で異なった。せん断応力を緩和する性質を有する接着剤（水性ビニルウレタン）では、材表面の発熱量が少なかった。このことは、接着層が変形の一部を担っていることを意味し、接着層自体の発熱を示唆する。したがって、集成材の接着層での発熱が予測された。劣化促進処理、凍結処理は明瞭な影響が認められた。

(平成4～6年度)  
(接着塗装科)

#### 1.5 表面処理技術の改善・開発

Improvement and Development of Treatment  
Technologies for Wood Surface

##### 1.5.1 外装用集成材の透明塗装技術

Development of Transparent Finishing for  
Laminated Timber

集成材を基材とした材料の透明塗装に関する耐久性およびそのメンテナンス方法、時期を検討するために、各種処理木材の屋外暴露試験を実施した。

屋外暴露試験の塗装処理は以下の条件で行った。基材としては、ナラ、カラマツの4プライの集成材を用いた。使用接着剤は、レゾルシノール、水性ビニルウレタンである。接着方法は常法に従って行った。塗装条件は、平成4年度の予備試験結果を基にして、以下の8条件、①2液性ポリウレタン、②1液性ポリウレタン、③ポリブタジエン+フッソ樹脂、④防腐処理（キシラモン）+ポリブタジエン+フッソ樹脂、⑤木材保護着色剤（ガードラック）+ウレイトワニス、⑥木材保護着色剤（ガードラック油性）、⑦木材保護着色剤（水性ガードラック）、⑧木材保護着色剤（ガードラックグロス）を採用した。屋外暴露試験は、塗料の耐候試験方法（JIS K5400）に準じて当場内暴露試験地で開始した（平成5年10月7日）。暴露条件は、南向き、45度傾斜である。暴露前の試験片の表面性状を評価するために、密着力、塗膜硬度、寸法、色差、光沢度、表面粗さの各項目について測定した。

(平成3～10年度)  
(接着塗装科)

##### 1.5.2 針葉樹型枠用合板の表面処理技術の開発

Development of Overlaying Technologies of  
Softwood Concrete Form Panel

(平成5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

2.1.1 製材工程の省力化技術の開発

—帯のこ目立ての自動化技術の開発—

Development of Automatic Process in Sawmill  
—Technology for an automatically controlled  
sawtooth preparation of band saw—

のこ目立て工程は熟練者の長年の経験と勤により行なわれているが、熟練者不足は今後深刻化してくるものと考えられ、目立て工程の完全自動化が望まれる。目立て工程の中でも水平仕上げ、腰入れ作業は自動機械の開発が遅れ人手に頼らざるを得ないのが現状であり、早急に自動化・省力化を進める必要がある。平成5年度は変形量の測定方法、変形位置の計測手法、変形形状の認識手法、熟練者の動作分析について検討を行い、動作機構についての概念設計を行った。

- (1) センサは水平仕上げ、腰入れ、背盛りをそれぞれ独立して設置し、鋸を長さ方向に走行させて一回転ごとにセンサを横方向に移動させその繰り返しにより鋸全体の変形を測定することとし、鋸の長さ方向の変形位置の計測は鋸歯付近に設置した光電スイッチにより、鋸歯の位置を計測し、さらに鋸歯間の微小な位置をロータリーエンコーダにより計測してその合計値により変形位置を算出することとした。
- (2) この加工に際しては一度全ての加工を終えた後に歪が発生する場合があります、また接合部付近の加工方法も他の部分と異なる。さらに、変形の形状、大きさ、方向によっても加工方法が異なってくる。このため、これら種々の条件を勘案してソフトウェアを構築することとした。また、過去のデータでは歪取り後の歪量は35 $\mu$ 程度との結果がでており、当面

の目標値をこの値以下に設定することとした。

- (3) 自動装置の概念設計を行った結果、この歪取りは腰入れローラの前にのこを挟み込む上下一対のローラを設置し、歪に対応して上下に移動させる機構と、縦歪、横歪それぞれに対応したハンマーをX-Y方向に移動させ、カム機構により定盤上に載せたのこ上に落下させる機構を用いることとした。  
(平成5~7年度)  
(製材科)

2.1.2 トドマツ小径木利用技術の開発

Development of Utilization for Small Log of  
Todo Fir (*Abies sachalinensis*) for  
Construction Lumber

建築材を生産する針葉樹製材業界において原料となる良質の天然木が減少したため、間伐材などの小径木を利用して柱などの正角材を生産する技術の必要性が増大してきている。そこで、トドマツ中小径木から建築材としての正角材を生産する技術を開発するため、製造試験と強度の裏付けのための曲げ試験を行った。

試験方法は径級14~20cmの原木から乾燥仕上げ後105mm正角を生産するため、歩増しして正角を採材し、背割りを入れたものと入れないものの人工乾燥を行った。また、心割りした平割り2枚を張り合わせて正角を作製する方法として生材接着後人工乾燥と乾燥後接着について検討を行った。接着材はコスト上から尿素樹脂、乾燥は圧縮乾燥を行った。試験体はモルダーにて4面切削し105mm正角に仕上げた後、強度的な裏付けとして曲げ破壊試験を行った。

第1表 曲がりとねじれ  
table 1 .bow and twist

	背割無正角 boxed pith (control)	背割正角 "Sewari" (cut to center)	生材接着 Adhesion at green	乾燥接着 Adhesion at air-dry	接着前 Before adhesion
曲がり (生材) Bow (green)	3.5(2.9)	2.6(2.3)	3.7(3.4)	3.3	5.3(10.1)mm
ねじれ Twist	2.67	4.35	3.23	2.01	3.25度 Degree

(1) 乾燥の影響(狂い, 割れ, 背割りの広がり等)

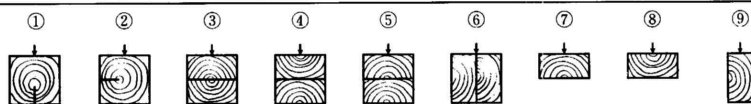
背割り無し正角には割れが発生した。この際面全  
てではなく隣接面に強く現れる傾向がみられた。ま  
た髓が偏っている場合, 最も近い面に割れが発生し  
た。背割り正角は背割りと別の面にわずかに割れが入  
るものもみられた。割れの幅の合計は背割りの広がり

第2表 削り残し  
table 2 .skip rate

	背割れ無正角 boxed pith (control)	背割れ正角 "Sewari" (cut to center)	乾燥接着 Adhesion at air-dry
製材寸法 Sawing dimension	112	112(depth3×56)	111×60 mm
平均削り残し Average skip rate	25.2	27.6	19.2 %

第3表 曲げ試験結果  
table 3 .bending test

試験体区分 Specimen	荷重 Load direction	曲げヤング係数 MOE		曲げ強さ MOR		年輪幅 Annual ring width mm	含水率 Moisture content %	本数 Numbers
		10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup>	cv (%)	kgf/cm <sup>2</sup>	cv (%)			
Boxed pith (control)		93.2	10.5	382.9	17.4	4.6	12.3	8
"Sewari"	①	95.5(1.02)	11.5	436.2(1.14)	22.6	4.7	11.4	7
〃	②	85.3(0.92)	6.1	297.9(0.78)	23.9	5.7	11.0	6
Adhesion at air-dry	③	95.8(1.03)	7.7	359.4(0.94)	14.0	4.9	12.1	4
〃	④	87.8(0.94)	13.2	333.0(0.87)	17.5	4.6	12.3	5
〃	⑤	85.6(0.92)	15.9	304.0(0.79)	30.8	4.8	12.0	5
〃	⑥	100.5(1.08)	7.0	394.8(1.03)	16.7	5.2	12.0	6
lumber	⑦	82.8(0.89)	13.9	342.2(0.89)	22.3	3.8	10.4	5
〃	⑧	87.6(0.94)	10.2	416.6(1.09)	21.9	3.7	10.4	4
〃	⑨	88.8(0.95)	7.4	336.8(0.88)	16.1	4.7	10.7	3



( ) : コントロールに対する比  
( ) : Compared value with control

とほぼ同じ10mm前後であった。

(製材科, 乾燥科, 加工科)

第1表に曲がりとねじれの測定結果を示す。曲がり  
はどの方法の最終製品においても9割がJAS 1級の  
範囲内であった。ねじれは乾燥後接着が最も小さく,  
次いで背割れ無し, 生材接着, 背割れ有りであった。

第2表に4面を平均した削り残しを示す。の中で  
乾燥後接着が最も小さい。これはねじれが最も小さい  
ことと接着後の厚さが他より大きいことによる。背割  
りの有無ではねじれの小さい背割れ無しが削り残しが  
少ない結果となった。

(2) 曲げ破壊試験結果

曲げ破壊試験結果を第3表に示す。背割りを下にし  
た場合最も低い値となった。また, 樹心に近い部分が  
引張側となるものも低い値を示した。

(平成5~6年度)

2.2 集成材製造工程の合理化

Rationalization of Manufacturing Process for  
Laminated Wood

2.2.1 有節集成材の試作と評価

Development of Glued Laminated Timbers by  
Low Quality Woods

道産広葉樹材は小径, 低質化しており, それらの多  
くはパルプ材として使われてきた。しかし, パルプ材  
としての需要は近年, 急激に低迷しており, 他への用  
途開発を進めていかなくてはならない。集成材等の高  
付加価値製品の原材料として積極的に使っていく必要  
がある。これらの低質材は節, 曲がり, 腐れなどの欠  
点を有しており, それらをすべて除去する加工法では  
歩どまりは低く, 生産性も低くならざるを得ない。そ

ここで、従来は除去されていた節などの欠点を積極的に活用した集成材を試作し、その用途を提案することを本研究の目的とした。

パルプ材として取り引きされているミズナラ原木を購入し、それらの原木形状、製材歩どまり、ラミナ原板歩どまり等を求めた。節などの欠点除去基準は従来よりも若干緩和させる方法で行った。また、これらの一部を使用して製品試作を行った。これらの結果の概要は次のとおりであった。

- (1) パルプ材として購入したミズナラ原木の形状等を測定した結果、約87%は素材の日本農林規格の等外品等で、そのほとんどは節と腐れで決定された。
  - (2) 厚さ27mmの耳付き材で製材し、乾燥後に有寸幅で木取ったところ、原木からの歩どまりは約56%であったが、ラミナ原板の段階までの歩どまりは約43%で、節等の欠点除去基準の緩和効果がみられた。
  - (3) ミズナラに出現する節はほとんどが腐れの入った状態のもので、意匠的にそのまま活用できるものはほとんどなかった。また、これらの節はラミナ原板の板目面に現れるので、積層後の製品への出現形態予測が極めて困難であることが分かった。
- (平成5～6年度)  
(加工科, デザイン科)

平成5年度においては短尺材および低質材を利用した在来構法用集成材の試作と評価を行った。結果の概要は次のとおりである。

- (1) 製材工場から出材される長さ45～180cmの短尺材（エゾマツ、トドマツ）をランダムにフィンガージョイントで縦継ぎし、それらを3.65m長さの定尺で中層・内層に使用した集成材を製造し、それらの曲げ試験を行った結果、曲げヤング係数は構造用集成材のJAS 1級を上回ったが、曲げ強さでは一部2級相当であった。また、縦継ぎラミナ相互の隣接位置は5層以上の場合には必ずどこかにラミナ厚さの12倍以内に存在するが、強度的にはほとんど影響がないものと判断できる。
- (2) 外層にJAS 4等ラミナ（集中節径比1/2以内）、内層に等外ラミナ（集中節径比1/2以上）を使った集成材を製造し、それらの曲げ試験を行った結果、曲げヤング係数はJAS 1級を満足したが、曲げ強さでは一部2級のものがあつた。集成材本来の特徴であるラミナの欠点分散効果により、在来構法用構造材として十分期待できる。

(平成5～6年度)  
(加工科, 材料性能科)

## 2.2.2 製材工場における副材の利用技術

### Development of Utilization Technologies of Short Length Lumber

針葉樹製材工場では定尺材の製品以外に大量の短尺材や端材のいわゆる副材が発生する。これらは短尺で使用可能な用途に向けられたり、パルプ用チップに加工されてきたが、近年これらの需要が急激に低迷している。そこで、これらの副材を活用した新たな利用技術を開発していく必要がある。このような副材を大量に使用し、高付加価値化の方法の一つとして集成材が考えられる。本研究では針葉樹製材工場から産出される短尺材や低質材を活用した集成材の合理的な生産システムを確立することを目的とした。このことによりローコストな集成材の供給が可能となる。

## 2.3 合板製造の工程の合理化

### Rationalization of Manufacturing Process for Plywood

#### 2.3.1 道産材を用いた複合型枠用合板の製造技術開発

##### Development of Manufacturing Technologies of Concrete-Form Panel with Domestic Softwood and Hardwood

コンクリート型枠用合板の使い捨てが熱帯林の破壊につながるのと非難から、型枠用合板の原木は南洋材から針葉樹材への樹種転換を迫られている。しかし、針葉樹合板は南洋材合板に比べると強度が弱く、狂いが大きいといわれている。

そこで、針葉樹合板と、表裏板にのみ広葉樹単板を

用いた複合合板を製造し、その製造条件が曲げ剛性と狂いに及ぼす影響について検討してきた。

(平成5～6年度)

(合板科)

平成4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に、表裏板には南洋材単板を用いた複合合板を製造し曲げ剛性と狂いを測定した。

その結果、針葉樹合板は全般的に曲げ剛性のバラツキが大きく、狂いもやや大きかったが、複合合板にすることによりかなり改善されることが判明した。

5年度は、表裏板にザツカバ、シラカバ、ハンノキ、イタヤカエデの道産広葉樹材を、心板には道産カラマツ、道産トドマツを用いた道産複合型枠用合板を製造し、表裏板厚さが曲げ剛性と狂いに及ぼす影響について試験した。また、アルカリ試験、セメント硬化不良試験を行い、型枠用合板としての性能を評価した。その結果は以下のとおりであった。

(1) 曲げ剛性試験

道産広葉樹単板を表裏板に用いると、針葉樹合板に比べバラツキは少なくなり、その値も向上した。

表裏板厚さが厚くなるほど曲げ剛性は大きくなるが、ザツカバでは1.0mm、ハンノキ、イタヤカエデでは1.5mm、シラカバでは2.0mmでJASの規格値(70 tonf/cm<sup>2</sup>)に十分合格した。

心板樹種の影響は、道産カラマツが道産トドマツに比べやや大きい値を示したが、大差はなかった。

(2) 狂い測定試験

表裏板厚さが厚くなるほど狂いは大きくなる傾向があった。

南洋材合板と比べるとやや狂いは大きかったが、南洋材を表裏板に用いた複合合板と比べると、イタヤカエデを除き大差はなかった。

(3) アルカリ試験

型枠用合板の製造基準に規定されているアルカリ試験にはすべての樹種が合格した。

(4) セメント硬化不良試験

ザツカバ、シラカバ、ハンノキ、イタヤカエデともセメント硬化不良を生じた。したがって、生板での使用には問題がある。

2.4 成形板製造工程の合理化

Rationalization of Manufacturing Process for Forming the Board

2.4.1 長繊維エレメントを用いた構造用部材の開発

Development of Structural Material Used Long Wood Particles

現在、道内では低質材のパルプチップ以外の用途が確立されていないため、付加価値が低く、需要も不安定である。

また、原木事情により、将来構造用ラワン合板代替品として小径木、廃材から生産可能なボードの必要性が増してくると考えられる。

そこで本研究では低質道産材のパルプチップ以外のより付加価値の高い用途として、構造用部材への加工技術の検討を行う。

平成5年度は現在構造用合板代替品として注目されている配向性パーティクルボード(OSB)について、道産材を用い、製造試験を行った。また、パーティクルボードの日本工業規格(JIS A 5908)に準じて性能試験を行った。

製造条件は次のとおりである。

樹種	カバ類, トドマツ
フレーク形状	長さ60×幅24×厚さ0.6mm
接着剤の種類	メラミンフォルムアルデヒド
接着剤添加率	10%
ワックス添加率	0.5%
積層構成	ランダム 直交配向 表層配向
熱圧条件	160 , 5分
ホード寸法	400×400×12mm
ホード比重	0.60, 0.75

性能試験の結果、トドマツについては、吸水厚さ膨張率以外は、JIS規格(JIS A 5908) 200タイプの規定値を満たした。しかし、カバ類の場合、吸水厚さ膨張率以外にも剥離強さについても規格を満足しなかつ

た。これは、カバ類の場合、比重0.75としても圧縮比が1.15と小さいため、カバ類については、より高比重のものをつくる必要があると考えられる。

(平成5～7年度)

(成形科)

### 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

乾燥の技術診断に関するエキスパートシステム

本道木材業においても、熟練者の高齢化、後継者不足から蓄積された技術やノウハウの伝承ができにくくなってきている。こうした個人に属する知識・技術を未熟練者に継承させるための手段としてエキスパートシステムがある。

平成4年度においては製材業のための簡便な経営分

析システム、製材技術診断のためのシステムを開発してきたが、5年度は乾燥技術に関する問題を取り扱った。

- ・エキスパートシステム作成用シェル(ツール)には、大創玄(エーアイソフト)を用いた。
- ・知識データベース構築のために、木材テクニカルノート(乾燥編)と林産試験場乾燥科職員への聞き取りに基づく経験則を整理した。

具体的には、乾燥に関する問題として当场にも質問件数の多い項目、

乾燥ムラ	乾燥時間が長い
木口割れ・表面割れ	材の落ち込み
狂い	変色
スケジュールの問題	

これら現象・原因の関係をif ... then形式で整理し大創玄に知識として入力した。また、原因絞り込みと解決のために必要な解説を入力し、問題解決を効率的に支援するシステムを構築中である。

(平成4～6年度)

(経営科)

# 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を目的とし、木炭の環境浄化・土壌改良機能の検討を行い、同時に、難燃建材と新素材の開発および炭化技術と用途開発に関わる研究を進めてきた。平成2年度には、調湿機能を有する炭素系成形物の製造技術の開発と木質系炭化物の土壌理化学性、土壌微生物性に及ぼす影響の解析を行い、3年度には、防火性を有する炭化物の製造方法の開発、4年度には、防火性を有する炭素系成形物(ドア部材)の製造技術上の問題点の抽出を行った。また、3~5年度には、木炭の環境浄化機能の検討(水産養殖、農耕地)、木炭の連作・養分過剰障害防止に関する検討(ビート、施設野菜栽培)も行った。

さらに、4~5年度には、炭素系新素材の開発に関する検討の一つとして、炭化物の油吸着材の製造技術の開発を検討した。

5年度の研究目標は(1)防火性を有する炭素系成形物(ドア部材)を製造し、その性能を把握するとともに、生じた問題点の解決を図ること。(2)木炭の環境浄化機能や連作・養分過剰障害防止機能について検討すること。(3)炭化物による油吸着材の製造技術を開発すること。の三つであった。試験方法および得られた結果は以下のとおりであった。

(1)は、(3)の研究を年度途中から独立させて集中して行う必要が生じたので、中止した。

(2) 木炭の環境浄化機能のうち、炭化物の臭いの吸着能力の測定を二種類行った。

第一に、カラマツ木炭粉のアンモニア、酢酸、*n*-ヘキサン(1)の吸着速度をニオイセンサー(サンプル150ml)を用いて測定した。その結果、木炭粉1gは233ppmと高濃度のアンモニアを30分間で92%吸着し、18.7ppmと低濃度にすることができた。また、27ppmの酢酸を100%吸着した。さらに、2,400ppmの*n*-ヘキサンを86%吸着し、336ppmとすることができた。

第二に、木質系油吸着材のアンモニア、エチレンの吸着速度をニオイセンサーおよびガス検知管(サンプル7.4l)を用いて測定した。その結果、350で製造した油吸着材は、233ppmと高濃度のアンモニアを30分間で55%吸着し、104ppmとしたが、木炭粉に比べ吸着能力は小さかった。また、350で製造した油吸着材が20ppmのエチレンを24時間で65%吸着し7ppmとしたのに比べ、500で製造した油吸着材は20ppmのエチレンを80%吸着して4ppmとし、後者のエチレン吸着能力は、はるかに高かった。しかし、エチレンの吸着材としてはまだ不十分と思われる。

(3) 炭化物による油吸着材の製造技術の開発を検討した。簡易な製造方法、加熱反応温度の低下、用途に適した形状・複合化など、実用化に向けた検討を行う予定であったが、7月からは木質系油類吸着材製造技術の確立のテーマに移行したので、一部の実施に止まった。

簡易な製造方法として、下川町森林組合の平炉を借りて、トドマツファイバーで製造試験を行った。その結果、外熱式回転炉で製造した製品に近い性能の炭化物が得られた。

また、いくつかの外部から持ち込まれた材料で、油

吸着材を製造し、その吸着性能を測定した。その結果、持ち込まれた材料は、形状は多様であったが、かさ密度が小さいものほど油吸着能力は高かった。

加熱温度を低下させるための触媒添加による熱処理は、二次公害を避けるために中止した。

さらに、多くの技術相談に対応するとともに、油吸着材としての性能等のチェックや商品化に付随する各種の特性を客観的に評定するために、いくつかの企業にサンプルを提供し、性能等のチェックを委託した。その結果、製品化に肯定的なものが、いくつかあった。

(平成2～5年度)

(物性利用科, 耐久性能科, 性能開発科)

### 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

この研究は平成3年度に開始し、5年度で終了した。この間、炭化度別木炭の製造および木炭のろ過資材化並びにその物性評価を行うとともに、木炭の環境浄化機能に着目した養殖漁業における水質浄化、農耕地における有害物質の除去、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してきた。

5年度は以下に示す内容を検討した。

#### (1) 炭化物の製造および炭化物の物性

農業用の実用炉木炭粉のうちスクリーユ炉のこくず炭は、A社で製造したが、炭化度を揮発分、固定炭素、比表面積から判断すると、流動層炉木炭よりも高く、ブロック炉木炭よりも低く、平炉木炭に近いものと認められた。

成形木炭ペレットは、H社でチップダストをペレット化した原料を林産試験場の電気炉で炭化したものである。ペレット白炭は、最高炭化温度850℃に2時間保持後、鉄製密閉容器内で放冷した。また、ペレット黒炭は、最高炭化温度600℃に1時間保持後、炉から取り出し消炭した。ペレット白炭の性質を調べた結果、ペレット黒炭に比べて砕けにくく、揮発分が小さく、精練度が高く、比表面積が大きかった。(林産試

験場)

#### (2) 炭素系浄化素材と有機物分解菌の併用による海水浄化効果の評価

ペレット黒炭、ペレット白炭、珊瑚砂をろ材として使用し、それぞれのろ材を水洗、乾燥後、60cm水槽用上面設置タイプのろ過器にセットした。ろ材の表面に浄化バクテリアを繁殖させてろ材を熟成するため、100 l水槽にろ材を入れたろ過器を4個ずつ設置し、この中でクロソイを給餌飼育した。そして、アンモニアと亜硝酸の濃度が低下するまで、ろ材の熟成を行った。

熟成の終了したろ材が入った6個、および対照としてろ材なしの2個のろ過器を設置し、容積60 lの水槽で、全長10cm、体重20g内外のクロソイ人工種苗を飼育した。クロソイの収容尾数は、各ろ材につき5尾と10尾の2区を設定した。給餌は、休日以外の毎日1回、マダイ用配合飼料ペレットを摂餌しなくなるまで行った。また、全く摂餌しない場合も、ペレット約0.6gを給餌し、62日間飼育した。この間、開始時、開始35日後と終了時に全個体の全長と体重を測定した。1週間おきにpH、NH<sub>3</sub>態N、NO<sub>2</sub>態N、NO<sub>3</sub>態Nを測定した。

ろ材なしの水槽では、途中ですべて斃死した。珊瑚砂を使用した試験区のうち、10尾収容した水槽では、36日目以降に6尾が斃死した。5尾収容した珊瑚砂の水槽では、開始直後1尾が斃死したが、それ以外は順調に生育した。ペレット黒炭・白炭の水槽では、斃死しなかった。ろ材による成長の差は認められなかったが、5尾区に比べて10尾区の成長が悪かった。また、成長量と給餌量から肉の増加計数を算出したところ、5尾収容した水槽の肉の増加計数は1.3～1.4で、10尾区よりはるかによく、10尾区は過密と考えられた。

この飼育試験で、ペレット木炭が生物ろ過用のろ材として使用可能なことが確認された。5尾収容区では、各区とも最後まで成長は良好で、収容能力の範囲内と考えられるが、黒炭区では、NH<sub>3</sub>態N、NO<sub>2</sub>態Nが増加する前までを適正収容量とした。これによると、容量2.8 lのろ材により、魚の総重量がペレット



黒炭で153g、ペレット白炭で161g、珊瑚砂で148gまでは、水質が良好に維持されていた。ろ材1 l当たりでは、それぞれ54.6g、57.5g、52.9gが飼育可能な量となる。このことから、ペレット木炭特にペレット白炭は、珊瑚砂と同等あるいはそれ以上に、ろ材として有効と考えられる。一般のろ材で海水魚を循環ろ過飼育すると、水が黄色に着色し、魚に害はないものの、美観を損ねている。しかし、ペレット白炭以外の試験区では20日目くらいから水が黄色く着色したが、白炭区では、試験終了時まで着色がほとんど見られなかった。また、給餌しない畜養水槽に使用した場合は、さらに多くの魚の収容が可能であると考えられる。(中央水産試験場)

### (3) 木炭粉の吸着機能評価

#### バッチ法によるベンチオカーブの吸着試験

各濃度の水田除草剤ベンチオカーブ水溶液20ml(液温18 前後)に各種木炭粉と原料のこくず2gを加え、150回/minで1時間振とうし、振とう液中に残存したベンチオカーブ量を高速液体クロマトグラフで測定した。これと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。

その結果、各木炭粉と原料のこくずは、ベンチオカーブ100ppm液に対して90%以上の吸着率を示し、500ppm液でも吸着率は同じ程度であった。資材別に比較すると、レンガ製ブロック炉木炭粉は、活性炭並の100%近い吸着率を示し、平炉のこくず木炭粉とスクリー炉のこくず木炭粉は、他の資材よりも吸着率が若干劣った。あらかじめ資材に吸水させてから吸着実験を行ったが、原料のこくずの吸着率が高いのは、吸水し膨張する際に一時的に起こる現象ではなく、さらに吸水力の差によるものではないことも分かった。原料のこくずの高い吸着能は、比表面積などの孔隙性では説明できないので、ベンチオカーブは、原料のこくずと接触した際、吸着作用以外に分解作用を受けている可能性があるかと推察された。

#### 連続流下法によるベンチオカーブの吸着

内径1.5cmのガラス製クロマト管に、20ppmベンチオカーブ液30mlと木炭粉2gをなじませながら詰

て、木炭粉カラムを作成した。このカラムに、20ppmベンチオカーブ液を150ml流下して経時的に流出液を採取し、の方法で吸着率を求めた。

その結果、流下時間が違い、粒度の粗いものを詰めたカラムほど流下速度が速く、吸着率が低下した。実際に水田の排水口などにろ材として設置する場合、資材そのものから汚染物質が溶出する場合が想定されるが、クロマトグラフの結果より、流動層炉のこくず木炭粉および原料のこくずは、水に溶出する成分を多く含むので、使用する時に考慮する必要がある。

#### 亜酸化窒素ガスの土壌中での吸着(道南農試圃場)

近年、農地から発生する温室効果ガスとして亜酸化窒素ガスが取り上げられ、全国的にその発生実態の調査が行われている。そこで、ブロック炉間伐材炭粉を用い、ビニールハウス内の1㎡枠の褐色低地土に窒素肥料10kgと木炭粉を施用し、亜酸化窒素ガス発生量を経時的に測定した。

その結果、木炭粉施用によって逆に、亜酸化窒素ガス発生量は20%程度増加した。これは木炭粉がアルカリ性のため、木炭粉の近くで窒素の無機化が起こったためと推定された。(中央農業試験場)

### (4) ビートおよび菜豆の生育収量に及ぼす影響

#### 試験(菜豆の木炭種類別施用試験)

樹皮平炉、のこくず平炉、流動炉水洗なし、流動炉水洗ありの5種類の木炭粉を0、50kg/10a、作条施用で1区7.2㎡(2.4×3.0m)、分割区法3反復し、収穫時の生育、収量を調査した。

#### 試験(窒素施肥量別木炭施用試験)

窒素施肥量2、4kg/10a、樹皮平炉木炭粉0、50kg/10a、作条施用で1区7.2㎡、分割区法4反復し、収穫時の生育、収量を調査した。

#### 試験(りん酸施肥量別木炭施用試験)

りん酸施肥量0、7、14/10a、樹皮平炉木炭粉0、50kg/10a、作条施用で1区7.2㎡、分割区法4反復し、収穫時の生育、収量を調査した。

#### 試験経過の概要

播種後の低温で出芽は遅く、出芽後も低温が続く、

初期生育も開花期も遅かった。その後も低温傾向は続いたが、木炭粉施用による出芽期、開花期、成熟期の差は認められなかった。また、圃場全体に黄化病の発生が認められたが、各区の差はなかった。

試験結果の考察

試験とも分散分析の結果、子実重に対して木炭粉施用の主効果、交互作用とも認められず、木炭粉施用の効果は判然としなかった。しかし、試験では、りん酸なしで木炭粉を施用することによって、やや増収する傾向があった。このことから、りん酸肥沃度の低い圃場では、木炭粉がVA菌根菌等の微生物に影響を与えていると考えられる。(北見農業試験場)

(5) 連作圃場における木炭粉施用試験

試験区の輪作様式(昭和43年～)は、連作(ビート)、2年輪作(ビート-ばれいしよ)、3年輪作A(ビート-ばれいしよ-春播小麦)、3年輪作B(ビート-ばれいしよ-菜豆)、4年輪作(ビート-ばれいしよ-春播小麦-菜豆)である。

樹皮平炉木炭粉を、連作区は0, 50, 100, 150kg/10a作条施用、輪作区は0, 100kg/10a作条施用、参考区として連作区に1,000kg/10a全層施用(平成3年施用)し、1区44.28m<sup>2</sup>(5.4×8.2m)、2反復した。参考区は1区93.48m<sup>2</sup>(11.4×8.2m)で、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、糖量は明かな傾向は認められなかった。しかし、4年輪作区では根重、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。(北見農業試験場)

(6) 施設野菜栽培における木炭粉の利用法の開発

ハウレンソウの生育に対する木炭粉施用の影響評価

( )木炭粉の用量試験(場内試験)

中粗粒質褐色低地土で1m<sup>2</sup>/区(枠試験)を2反復(ハウス栽培)、4年度に木炭粉の用量試験を実施した圃場で、肥料のみを施し、試験を継続実施した。塩類集積土壌は、供試土壌に炭カル100kg/10a、硝安50kg/10aを深さ20cmまで4年度に混合した土壌で、対照土壌として無処理の原土壌を供試した。木炭粉は深さ10cmまで全層に施用した。

4年度に実施した木炭粉の用量試験の結果では、ハウレンソウの収量は木炭粉施用により増加した。木炭粉無施用区では新葉の黄化が認められ、木炭粉施用区では、木炭粉無施用区に比較してホウ素含量が高かった(第1表)。また、木炭粉無施用区の栽培跡地土壌の熱水可溶性ホウ素含量は、0.2ppmと低く、熱水可溶性ホウ素含量は、木炭粉施用により高まった。一般にハウレンソウは、ホウ素要求性の比較的高い作物といわれている。これらのことから、木炭粉施用によるハウレンソウの収量増加の原因として、ホウ素含量が

第1表 木炭粉施用によるハウレンソウの収量および無機成分の変動(場内試験 平成4年度)  
Table 1. The fluctuation of harvest amount and inorganic component of a spinach by giving charcoal powder (test in the ground in 1992)

木炭粉施用量 Giving amount of charcoal powder (ton/10a)	収量 Harvest amount (kg/10a)	水分 Moisture content (%)	無機成分含有率 Containing rate of inorganic component												B 吸収量 Amount of absorption boron (kg/10a)
			N P K (%)			Ca Mg Zn Cu Mn Fe Ni B (ppm)									
			N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe	Ni	B		
0	912	87.9	4.20	0.66	0.35	0.64	356	136	6.4	100	599	0.08	2.80	0.31	
ブロック炉 2 Brik furnace	1113	88.4	4.03	0.65	0.37	0.68	311	150	6.4	113	482	0.11	3.99	0.52	
ブロック炉 5	1176	88.3	3.53	0.75	0.32	0.77	245	170	6.4	81	429	0.11	10.28	1.41	
ブロック炉 10	1131	87.8	3.70	0.91	0.41	0.99	235	243	6.4	108	291	0.12	17.55	2.42	

第2表 木炭粉のホウ素含量  
Table 2. Containing amount of boron in charcoal powder

木炭の粉種類 Kind of charcoal powder	ブロック炉 Brik furnace	平 炉 Open-hearth furnace
ホウ素含量(ppm) Containing amount of boron	16.07	8.77

0.5N 塩酸可溶性ホウ素含量  
Containing amount of soluble boron in 0.5N hydrochloric acid

約16ppmおよび約8ppmの木炭粉の施用により（第2表），土壤のホウ素含量と，ホウレンソウ中のホウ素含量が高まり，増収したと考えられた。

そこで5年度に，木炭粉に含有されるホウ素のホウレンソウに対する肥料的効果を，ホウ素含量が異なる土壤で検討するため，FTE施肥量を変えて熱水可溶性ホウ素含量の差をつけた条件を設け，ホウレンソウの生育に対する木炭粉施用の効果を検討した。その結果，熱水可溶性ホウ素含量が低いFTE無施肥条件に比較して，熱水可溶性ホウ素含量が高いFTE施肥条件では，ホウレンソウの収量に対する木炭粉施用の効果は小さかった。

なお，土壤の熱水可溶性ホウ素含量とホウレンソウの収量の関係を調べた結果，0.5ppmまでは土壤の熱水可溶性ホウ素含量の増加とともにホウレンソウの収量は増加したが，0.5ppm以上では熱水可溶性ホウ素含量とホウレンソウの収量の関係は，判然としなかった。しかし，熱水可溶性ホウ素含量が0.5ppm以下の土壤条件では，ホウレンソウの収量に対する木炭粉施用効果が期待された。

#### (ii) 木炭粉の用量試験（場内試験Ⅱ）

ホウレンソウのトニックを中粗粒質褐色低地土で，2.4m<sup>2</sup>，3反復ハウス栽培した。ブロック炉木炭粉を0，0.1，0.2ton/10aの割合で，肥料と混合後約5cmの深さに作条施用し，軽く土と混合後，その上に5月末に播種した。施肥量，施肥形態，施肥位置はN（硝安）10kg/10a，P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>（過石）10kg/10a，K<sub>2</sub>O（硫加）12kg/10a，全層施肥（10cm）し，6月末に収穫した。

木炭粉施用による株数の確保とホウレンソウの増収は，木炭粉の用量試験でも認められた。一般にホウレ

ンソウは，連作すると，地温が高まる夏場には，立ち枯れ症状が発生しやすくなるといわれている。この試験では，ホウレンソウに立ち枯れ症状が発生したが，木炭粉0.2ton作条施用条件では立ち枯れ症状の影響が少なく，結果として，収穫期における株数が木炭粉無施用条件に比較して多かった。

#### (iii) 木炭粉の用量試験（現地試験）

七飯町内の農家ハウス3か所の圃場で現地試験を実施した。A圃場は黒ボク土，B圃場は褐色低地土，C圃場は黒ボク土である。6m<sup>2</sup>，2反復で，ブロック炉木炭粉を0，0.1，0.25，0.5，1.0ton/10a施用し，施肥量は農家慣行法によった。A圃場で1回，B圃場で4回，C圃場で2回収穫した。

C圃場でのみ，木炭粉施用により，ホウレンソウの収量の増加が認められた。C圃場はA，B圃場に比較して土壤熱水可溶性ホウ素含量が低く，ホウレンソウのホウ素含量も低かったが，C圃場の土壤熱水可溶性ホウ素含量は1ppm以上であり，ホウレンソウのホウ素含量も約20ppmと一般のホウレンソウの茎葉部ホウ素含量10ppmに比較して高く，木炭粉施用による増収要因として，土壤へのホウ素の供給効果は考えられなかった。そこで，C圃場における増収要因をホウ素以外の面から検討した結果，木炭粉施用による株数の確保が認められた。このように株数が多かった原因は明らかではないが，C圃場ではホウレンソウが連作されており，立ち枯れ症状の発生が予測された。このため，木炭粉施用により収穫期におけるホウレンソウの株数が確保された要因を，土壤微生物の面から今後検討することが必要と考えられた。なお，ホウレンソウ栽培では一般に灌水は施肥直前の一回のみで，播種後の灌水は行われないこと，木炭粉施用により易有効水が増加することから，木炭粉施用により株数が確保された要因として，土壤の易有効水分（pF1.5～2.3）の増加による発芽数の確保も考えられた。

#### ② 土壤集積塩類（窒素）吸着試験

①の(i)の栽培前の土壤中の無機態窒素含量と，施肥窒素量および栽培後の作物窒素吸収量と，跡地土壤の無機態窒素含量から，木炭粉による土壤集積塩類（窒

素)の吸着能を検討した。4年度に実施した試験の結果から、木炭粉1ton施用により約1kgの土壌の無機態窒素が吸着されると考えられた。

5年度には、4年度に試験を実施した跡地でトマトとホウレンソウを栽培し、試験2年目の施用木炭粉による土壌塩類吸着能と、木炭に吸着されたと考えられる窒素の作物による吸収量について検討した。

2年間作物を継続して栽培した結果、作物による窒素総吸収量は木炭粉施用条件で無施用条件に比較して少なかった。(道南農業試験場)

(平成3~5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)

### 1.1.3 木質系油吸着材の製造技術の開発

Development of Production Technology for  
an Oil Sorbent Derived from Wood

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を目的とし、木質系熱処理物の油類吸着材を製造する技術を確立し、使用用途に応じた製品を早期に開発するために、年度途中からテーマを独立させ、プロジェクトを組織して活動を開始した。

平成5年度の研究目標は、製品に応じた要求性能に対応可能な油吸着材の製造条件を確立するとともに実大規模の製造装置を設計開発することであった。

#### (1) ベンチスケール運転試験とスケールアップモデルの設計

4年度にはバッチ式の外熱式回転炉によって熱処理を行っていたが、これを連続式にするため、まずベンチスケールの連続炭化(熱処理)装置を製造した。この装置による各種の原料供給速度、温度、速度、窒素ガスの有無等種々の熱処理条件を検討し、熱収支、収率、A重油・水の吸着量、かさ密度を測定し、この熱収支、物質収支、製品特性を基にして、連続式熱処理のためのスケールアップモデルを設計した。(特許申請中)

#### (2) スケールアップモデルによる試験

設計したスケールアップモデルを完成させ、運転試験を行った。まず、原料の送り速度、運転条件と温度上昇速度等の特性把握の後、熱処理温度、送り速度と製品の収率、A重油と水の吸着量を測定した。併せて製造コスト積算に必要な諸データを集積した。

#### (3) 木質ファイバーの製造とコスト積算のためのデータ収集

カラマツチップから加圧ダブルディスクリファイナーを用いてファイバーを製造し、物質収支、熱収支等を測定し、原料ファイバーとしてのコスト積算に必要なデータを収集した。

また、トドマツチップを蒸煮後、ユニバーサルクラッシャーで粉碎し、ファイバー状の原料を作り、物質収支、熱収支等を測定したが、細かい部分と粗い部分混在し、均一なファイバーの製造には無理があることが分かった。

#### (4) 製品の特性分析

A重油の吸着、水の吸着等の製品特性の分析を通して、原料、製造工程を評価した。

バッチ式の回転炉による熱処理物のA重油と水の吸着量を測定した結果、熱処理温度350℃付近の製品がA重油をよく吸着し、水をあまり吸着しないことが分かった。熱処理物を水とともに振とうしてから静置することによって、350℃付近の製品が水に沈みにくいことが分かった。また、フーリエ変換赤外分析法により、熱処理によって水酸基が減少することが分かった。

(平成5~7年度)

(中村主任研究員, 物性利用科, 機械科, 成形科)

### 1.1.4 フェノール樹脂含浸積層材の炭化条件および生成物の性質の把握(民間受託)

Grasping Properties of Carbonized Products  
and Appropriate Carbonization Conditions  
for Impregnated with Phenolic Resin

(平成5~6年度)

(物性利用科, 株式会社ニッタクス)

## 1.2 成分の利用技術の開発

Development of Utilization Technologies for Constituents of Wood

### 1.2.1 ササ多糖類の生理活性（共研）

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

北海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15,000万トン（乾重で7,500万トン）、本道の林木蓄積53,200万 $\text{m}^3$ （乾重換算27,100万トン）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侵入を許さない。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、利用量は全体から見れば極めて少ない。ササ類を食、飼料、ケミカルス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5年度は、ササ稈部からキシロオリゴ糖を抽出するための適正条件、ササ葉、稈部抽出物の植物病原菌、食品変敗菌、木材腐朽菌に対する抗菌性などを検討した。

#### (1) ササ稈部からキシロオリゴ糖を抽出するための適正条件の検討

ササ稈を蒸煮抽出して得られる糖を機能性食品として利用する場合、キシロオリゴ糖の収量は重要な意味をもって来る。そこで単糖やキシロオリゴ糖の収量に及ぼす蒸煮条件の影響を調べた。

蒸煮時間を10分として、蒸煮温度（170～206℃）の影響を検討した。単糖類とオリゴ糖類を含めた糖類の収量は蒸煮温度の上昇にともない増加し、197℃を超えると急激に減少した。蒸煮時間が10分の場合、キシロースとキシロオリゴ糖を得るための最適温度は197℃で一致していた。しかし、個々のオリゴ糖についてみると、重合度の高い糖ほど最大収量がより低温側にシフトしている傾向が認められた。キシロオリゴ糖収量は蒸煮温度と蒸煮時間のパラメータで表され、ある蒸煮温度には特定の適正時間が存在する。蒸煮温度が183℃ではオリゴ糖収量の極大を蒸煮時間20分で与えるが、191℃と197℃では10分に極大値を与え、いずれの場合もそれ以上の蒸煮の延長は低分子糖の二次的脱水分解をもたらした。単糖類の回収の最適時間はオリゴ糖のそれとほぼ一致しているが、オリゴ糖よりはやや長時間側にずれる傾向が認められた。203℃では5分の蒸煮時間でさえすでに過剰な条件となり、それ以上の延長はいったん溶出した単糖やオリゴ糖収量の急激な低下をもたらした。原料の水分量もオリゴ糖収量に影響を及ぼし、含水率が10%程度の気乾原料からの溶出糖の収量は低く、含水率の増加に伴ってキシロオリゴ糖の収量は増加し、絶乾ベースで75～100%の含水率で最大収量を与えた。以上の結果から、蒸煮処理によるキシロオリゴ糖製造のための最適蒸煮条件

は、蒸煮温度197℃、時間10分で、原料の含水率は75%以上となり、キシラン可溶化の適正条件と完全に一致した。

## (2) ササ葉、稈部抽出物の抗菌性

わが国の気候は温暖多湿なために、欧米と比較して細菌や真菌類による家屋の腐朽、農作物の病害、食品の変質・腐敗などが起こりやすく、その対策としてさまざまな合成防腐剤や農薬が用いられている。しかし、環境汚染や人体への影響を考慮すると、これら合成薬剤の過剰な使用は避けなければならない。バイオロジカルコントロールや天然物による代替はこの目的にかなった手段の一つといえる。

一方、ササには昔から防腐効果があるといわれ、食品の包装資材として広く用いられてきた。最近、ササ葉抽出物の肺炎球菌、黄色ブドウ球菌、大腸菌、枯草菌などの細菌類から、クロコウジカビ、*Rhizopus nigricans*、*Penicillium chrysogenum*などのカビ類、カンジダ症起因菌やビール酵母などの酵母類に至るまでの幅広い抗菌スペクトルが報告されている。そこで本研究では、ササ抽出物の芝生病原菌、テンサイ貯蔵腐敗菌、木材腐朽菌に対する抗菌性を調べた。各試料のアセトン抽出物のエタノール溶液(0.05g/ml)をPDA培地に対して1%添加し試験培地とし、培養後各試験培地上のコロニー半径とコントロール培地のコロニー半径から菌糸生長阻止率を算出し、抗菌活性を判定した。

チシマザサ稈抽出物はコムラサキシメジ、*Rhizoctonia solani*、*Typhula incarnata*にはわずかながら菌糸生長抑制効果を示したが、*Fusarium oxysporum*や*T. ishikariensis*には全く効果が認められなかった。しかし、溶媒分別すると、粗抽出物と比べてn-ヘキサン可溶部と酢酸エチル可溶部の菌糸生長抑制効果が増し、抗菌成分が脂溶性フラクションに存在していることが分かる。クマイザサ稈抽出物でも同様の傾向を示したが、抗菌性自体はチシマザサ稈抽出物よりも高かった。クマイザサ葉抽出物はコムラサキシメジを除くすべての菌種に効果は認められなかった。ササ抽出物の植物病原菌に対する抗菌性は、トドマツ樹皮抽出物

のそれよりも弱く、病害防除の目的で応用される可能性は少ないと思われる。

ササ抽出物はテンサイ貯蔵腐敗菌(*Botrytis cinerea*、*Penicillium expansum*)に対して強い抗菌性を示さず、食品変質・腐敗糸状菌(カビ類)に対する効力はほとんど期待されない。一方、家屋害菌に対しては、稈抽出物の脂溶性画分が比較的強い抗菌性を示し、濃度500mg/lでナミダタケ菌糸の生長を完全に阻止し、オオウズラタケのそれを50%以上抑制した。その効力は木材腐朽菌に対して強い抗菌性を示す天然物の一つであるトドマツ酸と同程度であり、稈中に含まれている抗菌成分の性状を明らかにすることで、ナミダタケに対する強力な天然物由来の防腐剤が開発される可能性があると思われる。

(平成4~5年度)

(成分利用科、株式会社白寿生科学研究所)

### 1.2.2 エゾマツ樹葉の植物生理活性成分の検討

#### Biological Active Compounds of Yezo Spruce (*Picea jezoensis*) Leaf Extracts

害虫や病原菌から動いて逃れられない植物は、自ら発する化学物質でこれらに抵抗する。植物生理的に生み出された物質は少量で、選択的、特異的に生物学的な応答を引き出す。殺虫、殺菌作用、さらには植物の発芽や生長抑制、あるいは促進作用の高い天然物質を用いて、人為的に農作物を保護、生育を制御することは、環境に優しい農作物の栽培法になり得る。

本研究は、北海道に蓄積量の多いエゾマツ(*Picea jezoensis* Carr.)、アカエゾマツ(*P. glehnii* Masters)などトウヒ属針葉成分の生理活性、薬理活性を調べ、その活性物質を明らかにするとともに、樹葉の新規用途を開発する。平成5年度は、針葉のアセトンおよび逐次抽出物の植物病原菌に対する生長抑制効果を調べた。

アセトン抽出率および各フラクションの逐次抽出率を第1表に示した。エゾマツはヘキサン可溶部が、アカエゾマツはさらに酢エチ可溶部も多く、各トウヒ属間に含有成分の相違が認められた。

第1表 トウヒ属針葉の抽出物 (樹葉に対する%)  
 Fig. 1. Extracts from Yezo spruce (*Picea jezoensis*) leaves (% of the leaf)

樹種 Species	アセトン抽出率 Aceton extract (%)	画分(%) Fractions			
		ヘキサン hexane	エーテル ether	酢酸エチル ethyl-acetate	残さ residue
エゾマツ <i>Picea jezoensis</i>	18.3	5.5	0.9	1.7	10.2
アカエゾマツ <i>P. glehnii</i>	26.8	5.6	2.8	6.7	11.7
ヨーロッパトウヒ <i>P. abies</i>	22.5	3.7	2.1	3.2	13.4

エゾマツ針葉のアセトン抽出物(添加濃度500ppm)の植物病原菌に対する生長抑制効果は低かった。しかし、これを分画することで、エゾマツのエーテル可溶部が、*Lepista sordida*の生長抑制(阻止率58.0%)を示した。また、アカエゾマツのヘキサン可溶部は*Botrytis cinerea*(阻止率31.0%)に、エーテル可溶部は*Fusarium oxysporum*(阻止率34.9%)、*B. cinerea*(阻止率34.5%)に抗菌活性を示した。含有成分が異なることで、各トウヒ属針葉の植物病原菌への影響も異なり、一致した傾向はみられなかった。

なお、添加濃度の比較的高い条件で抗菌活性試験を行っており、その阻止率が60%以下では防菌剤としての実用化は難しいと判断される。今後は、針葉の担子菌などに対する生長抑制効果、農作物の発芽抑制効果を調べる。

(平成5~6年度)

(成分利用科)

### 1.2.3 キシロオリゴ糖製造条件の検討

Effect of Steaming Condition on Production of Xylo-oligosaccharides

(平成5年度)

(成分利用科)

### 1.2.4 北海道森林バイオマスの保健衛生面への新規利用法に関する研究(共研)

Screening Experiments on Pharmacognostical and Fungicidal Uses of Forest Biomass

北海道の森林面積は北海道全土の2/3を占め、その豊かな森林には多種多様な生物が生息している。森林の主体である樹木、またそれに寄生している野生キノコ

の種類は多く、成分の観点からみればそれぞれが非常にバラエティに富むバイオマスの一つである。しかし、いくつかの商業樹種、菌種を除けば、そのほとんどすべてが未利用のまま放置されている。一方、木材工業で利用される樹種でも、用材を生産する過程で樹葉、樹皮などが大量に排出されている。近年、樹皮の再利用は進み、ほとんど廃棄されることはなくなったが、その利用形態は依然廃棄物処理の域を脱したのではなく、低位、粗放なレベルといっても過言ではない。

本研究では未利用森林バイオマスの新規用途開発の一環として、道産樹種の樹葉、樹皮、野生キノコを取り上げ、それらに含まれている薬理活性成分や有害菌類に対する抗菌成分を明らかにし、保健衛生分野における新規用途の開発を目的とした。本年度は、樹葉(110樹種)、野生キノコ(66種)の薬理作用として、アンジオテンシン変換酵素(ACE)阻害活性およびヒスタミン遊離抑制作用を調べ、さらに樹皮(72樹種)、野生キノコ(47種)の有害真菌類に対する抗菌性も検討した。

#### (1) 樹葉類の薬理活性

樹葉アセトン抽出物について0.5mg/ml濃度でACE阻害活性を、0.05mg/ml濃度でヒスタミン遊離抑制作用を試験した。その結果、ACE阻害活性が認められたのは、コシアブラとエゴノキの2樹種のみであり、樹葉にはACE阻害活性を有するものが少ないことが分かった。一方、ヒスタミン遊離抑制作用を示す樹種は多く、特に強い抗アレルギー作用を有する樹種としてヌルデ、エゾウコギ、エビガライチゴ、ニセアカシア、コナラなどがあげられる。ヌルデ葉は下痢

などに応用される生薬であり、エゾウコギはドリンクのエキスとしてよく用いられている。ヒスタミン遊離抑制作用が認められた樹葉の多くは可食であり、健康食品としての利用が可能と考えられる。

#### (2) 野生キノコ類の薬理活性

野生キノコのアセトン抽出物のACE阻害活性およびヒスタミン遊離抑制作用が、樹葉の場合と同様に検討された。その結果、ACE阻害活性は、キシメジ科、スッポンタケ科、タコウキン科、ノボリリュウタケ科、ヒトヨタケ科などのキノコに多く認められた。ヒスタミン遊離抑制作用に関しては、チャハリタケなど数種にのみ弱い抑制効果が観察され、樹葉とは全く対照的な結果となった。ACE阻害活性が認められたコウタケ、コカブイヌシメジ、ハタケシメジ、ブナシメジ、ノボリリュウタケ、コキララタケは可食キノコであり、血圧降下作用が期待できる食材として栽培利用が可能と考えられる。

#### (3) 樹皮の抗真菌活性

ホオノキ樹皮のアセトン抽出物は供試したすべての有害菌類、すなわち芝雪腐病菌、苗立枯病菌、イネ紋枯病菌、テンサイ貯蔵腐敗病菌、家屋害菌類に強い抗菌活性を示し、濃度500mg/lで苗立枯病菌、ペニシリウム、ナミダタケの菌糸生長を完全に阻止した。一般に針葉樹樹皮の抽出物は広葉樹のそれらより抗真菌活性が高く、特にマツ科やスギの樹皮に強い抗菌性が認められた。

#### (4) 野生キノコの抗真菌活性

野生キノコのアセトン抽出物のトリコデルマおよびペニシリウムに対する抗真菌活性がペーパーディスク法で測定された。その結果、ベニタケ科に属するドクベニタケとキハツタケの2種がペニシリウムに対して抗菌活性を示したが、トリコデルマに対しては供試した47種の野生キノコのいずれもが無効であった。

(平成5～7年度)

(成分利用科、

耐久性能科、生産技術科、北海道立衛生研究所)

## 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 Mushroom

#### 2.1.1 シイタケ等の優良品種の開発

Development of Superior Strains of Edible Mushroom

現在市販されている菌床栽培用シイタケの品種は、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やす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候条件に適したシイタケの新品種を開発を行っている。

平成5年度は、4年度に交配したシイタケ新株15系統334菌株および市販シイタケ131菌株の総計465菌株について、1次選抜試験を終了し、30菌株を2次選抜試験の対象株とした。また、新たに9系統267株の新菌株を作出し、選抜試験を続けている。

(平成5～10年度)

(品種開発科)

#### 2.1.2 シイタケ菌床栽培技術の開発

Development of Saw-Dust Cultivation Method of Shiitake (*Lentinus edodes*)

シイタケは、安定した需要があり、かつ道内自給率がまだ十分でないことから、今後も生産の促進を必要とするキノコである。シイタケは、主にミズナラを用いた原木栽培によって生産されてきた。しかし、原木事情の悪化から、今以上にホダ木の伏せ込み量を増やすことが難しい。

そこで、通年栽培が可能、栽培期間が短い、さらにミズナラ以外の樹種も利用可能などの利点を持つシイタケ菌床栽培技術を開発して、シイタケの需要を補うことを目的とする。

平成5年度は、(1)シイタケの培地添加物の予備的検



討, (2) 通気性の異なる数種の培養袋を用いた栽培試験, (3) 水分の異なる培地を用いた栽培試験を行った。

以下に得られた結果を示す。

- (1) 市販の培地栄養添加物9種類の添加濃度を2%に調整した寒天平板培地を調製し, 林産試験場で菌床栽培用に選抜したシイタケ2菌株 (Le 77-20, C26) と北研600号を接種・培養した。その結果, いずれの菌株においてもウイスキー発酵残渣系添加物の菌糸成長が最もよかった。25℃で培養した1日当たりの菌糸成長量は, Le 77-20 : 5.1mm, C26 : 4.8mm, 北研600号 : 4.7mmであった。
- (2) 付設されたガス交換用フィルターの材質や口径が異なる8種類の培養袋を用いて, 菌株C26の栽培試験を行った。その結果, 培養期間中に袋内部の炭酸ガス濃度が8%前後で推移した培養袋では子実体収量が低く, 4%以下で推移した培養袋では子実体収量と正形率が高かった。
- (3) 水分を48~69%に調整した7種類の培地を作成し, 菌株 Le 77-20を用いて栽培試験を行った。その結果, 培地水分が低いほど子実体の1次発生量が低下し, 2次発生以降の子実体収量が増加する傾向がみられた。いずれの試験区についても3次発生までの子実体収量に有意な差はみられなかった。

(平成5~9年度)  
(生産技術科)

### 2.1.3 ナラタケ属菌床栽培技術の確立

Establishment of Saw-Dust Cultivation Method of Genus *Armillaria*

ツバのあるナラタケ属のキノコはナラタケと呼ばれ, 全国的に分布している。そして, よいダシがでる優秀な食用菌として知られている。したがって, ナラタケは新しい商品として有望な作物になる可能性が高いが, その栽培方法はいまだ確立されていない。そこで, ナラタケの菌床栽培技術を確立し, 本道特産のキノコとして, 本州に移出するための基礎を作ることが本研究の目的である。

平成5年度は, (1)栽培可能な菌株の分類とその法的

保護, (2)瓶栽培における子実体収量の安定化技術の確立, (3)栽培培地へのニンジンの添加方法の検討, (4)廃菌床の再利用の予備的検討を行った。以下に得られた結果を示す。

- (1) 子実体の形態から, 栽培可能な2菌株 (林産試験場保存株, Am 82-10と Am 82-14) は *Armillaria ostoyae* (ツバナラタケ) に類似することが判明した (菌蕈研究所の長沢氏の判定による)。そして, 子実体発生温度幅が広くて, 実用的な栽培に適する2菌株 (林産試験場保存株, Am 91-1と Am 91-2, いずれも形態的に *Armillaria ostoyae* に類似する) を BORIBORI-01とBORIBORI-02として特許申請した (平成6年2月21日)。
- (2) 光透過性があり, かつ通気性のよいISTキャップを培養瓶にかぶせて子実体原基の形成を促すと, 原基形成が確実に行われ, その結果として安定した子実体収量が得られることが分かった。
- (3) すりおろしたニンジンの子実体発生面に薄く載せ, その上に種菌を接種し培養を行うと, ニンジンを使用していないコントロールに対して子実体収量が18~34%増加することが分かった。
- (4) 廃培地を他のキノコの栽培培地として再利用する場合には, さらに栄養源を添加する必要があることがタモギタケやヒラタケの栽培試験結果から示された。

(平成5~7年度)  
(生産技術科)

### 2.1.4 ハウス管理によるシイタケ原木栽培技術の確立

Establishment of Bed-Log Cultivation Method of Shiitake (*Lentinus edodes*) Using Green-House

北海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する。

平成5年度は, (1)シラカンバおよびミズナラ原木の植菌数とホダ化速度の検討, (2)菌床栽培用選抜株の原

木栽培特性の調査，(3)シイタケ原木栽培に関する研究要望等のアンケート調査を行った。以下に得られた結果の概要を示す。

(1) シラカンバについては，原木の太さを細（7～8.9cm），中（9～10.9cm），太（11～12.9cm）の3区に分け，一列の植菌数を4-3，5-4，6-5の3区，供試菌には Le 71-14を用いて試験を行った。しかし，原木の太さや植菌数と子実体収量に明白な関係が得られず，かつホダ1本当たりの子実体収量がミズナラと比較して低かった。こうした原因としては，シラカンバが浸水時に水を吸いにくいために，すべての試験区で子実体の発生が抑制されたことが考えられる。

ミズナラについては，原木の太さを細（7～8.4cm），太（8.5～10cm）に分け，一列の植菌数を4-3，5-4，6-5の3区，供試菌には Le 71-14と河村 S54を用いて試験を行った。両菌株共に細区では植菌数は子実体収量に影響せず，太区で植菌数が多くなるほど子実体収量が増加した。こうした原因としては，太い樹種ほど樹皮が固い傾向があるために，植菌数が多くなる太い樹種は，子実体が発生しやすい傾向になったものと考えられる。

(2) 平成4年3月に植菌した原木から平成5年10月までに，シラカンバでは，それぞれ Le 77-20が83g，Le 86-2が149g，Le 58-3が230gの子実体が発生した。ミズナラでは，それぞれ Le 77-20が0g，Le 86-2が10g，Le 58-3が39gの子実体が発生した。

(3) 全道46か所の林業指導事務所にアンケート調査を依頼し100%の回収を得た。その結果，低温性のシイタケ菌株の開発を望む栽培者が多いことが分かった。

（平成5～8年度）

（生産技術科）

シイタケなどの栽培期間が長い食用菌の菌床栽培においては，子実体の原基形成・生育期間中に菌床表面にトリコデルマやベニシリウムなどのカビが発生し，その結果，子実体収量が減少してしまう。菌床のカビ汚染対策の一つに，培地調製時に農薬の一種である防カビ剤を一定量添加する方法があり，この方法は法的にも認められている。

しかし，キノコは健康食品としてのイメージが売り物であり，安易に農薬に頼る対策は望ましい方法とはいえない。したがって，栽培環境への配慮を始めとする，農薬に頼らない防カビ対策の確立が急務である。

平成5年度は，(1)シイタケの菌床栽培で最も問題となっているトリコデルマについて，落下菌として検出する方法の検討，(2)道内栽培農家のキノコ発生施設内のカビ汚染実態調査を行った。以下に得られた結果を示す。

(1) 菌床表面にトリコデルマが発生していても，その胞子は飛散しにくい。その結果，落下菌，さらには空中浮遊菌としてのトリコデルマを検出することは難しい。しかし，トルコデルマ汚染が著しい環境では，PDA 平板培地を用いた落下菌測定法でトリコデルマを検出できることが分かった。また，トリコデルマ胞子は，水を介して移動しやすい。そのために，菌床の浸水や散水操作時に他の健全な菌床に胞子が移ることが推測された。

(2) 道内の菌床シイタケ栽培農家11軒，ヒラタケ栽培農家とブナシメジ栽培農家各1軒の合計13軒のキノコ発生施設内について，落下菌の測定・調査を行った。その結果，落下菌としては，アオカビと呼ばれる *Penicillium* spp. の検出率が高かった。また，落下菌および菌床に発生しているトリコデルマ34株を分離・保存した。

（平成5～9年度）

（生産技術科）

### 2.1.5 菌床栽培における糸状菌汚染防除対策の検討

Examination of Protection Technique of  
Fungi Contamination on Saw-Dust Cultivation  
of Edible Mushroom