

平成14年度 林産試験場試験研究課題一覧表（目次）

研究の基本目標	研究の基本的方向	研究 課 題	ページ	
I 木材利用の多様化を促進するための技術開発	1 需要分野拡大のための木材利用技術の開発	1 カラマツ材を用いた人道橋の実用化研究	2	
		2 木質建材からのVOC放散と室内分布性状（共同研究）	3	
		3 家具等からのVOCの放散と低減方法の検討（中小企業庁補助事業）	4	
		4 シックハウス対策としての特定の木質建材に関する化学物質の放散特性の解明（共同研究）	5	
		5 健康志向型木質系建材による居住性向上技術の開発	6	
		6 木質系融雪舗装材と自然エネルギーによるロードヒーティング・システムの実用化（民間共同研究）	7	
		7 窓の操作性評価技術の開発（共同研究）	8	
		8 障害を持つ児童も楽しめる木製遊具の開発	9	
		9 屋内外対応中型レイズドベッドの開発（民間共同研究）	10	
	2 木質資源のリサイクル技術の開発	1 木質廃棄物を原料とした敷料生産技術の確立	11	
		2 木質系廃棄物に含まれる塗料および接着剤の溶脱と生分解性の解明	12	
		3 木造住宅解体材に含まれる防腐処理材の利用適性評価	13	
		4 釘付き廃木材の加工に関する要素技術の開発（民間共同研究）	14	
		5 万能型釘抜き装置の開発（民間共同研究）	15	
		6 木質廃棄物の再資源化を促進するリサイクルシステムの検討	16	
	3 木質材料の性能向上技術の開発	1 道産エンジニアードウッドの新たな利用技術の開発（共同研究）	17	
		2 鋼板添え板接合法の開発	18	
		3 表面化粧層が防火性能に及ぼす影響	19	
		4 高度の難燃性能を有する木質系防火材料の開発（林野庁補助事業）	20	
		5 木造軸組工法による寒地仕様準耐火構造外壁の開発（共同研究）	21	
		6 燻煙処理木材の性能評価および性能向上に関する研究（民間共同研究）	22	
		7 分子生物学的手法を用いた腐朽判定技術の開発	23	
		8 圧密化木材を用いた機能性床材ならびに床仕様の検討（民間共同研究）	24	
		9 木材の高耐久処理技術の開発（民間共同研究）	25	
		10 導電性物質を用いた発熱合板及び発熱複合パネルの開発（民間共同研究）	26	
		11 道産木材を用いたルーバーの開発	27	
		12 ユニバーサルデザインに配慮したバイオトイレのデザイン開発（民間共同研究）	28	
	4 木質材料と異種材料との複合化技術の開発			
	5 木質材料の使用マニュアルの充実	1 木製屋外遊具・ログハウスの維持管理技術開発	29	
		2 間伐材等を利用した土木構造物の仕様基準の開発	30	
		3 アカエゾマツ人工林材の材質評価	31	
		4 スギ育種種苗の品質向上を目指した材質検定	32	
		5 優良ハイブリッドカラマツの選抜および用途適性評価	33	
		6 ハイブリッドカラマツの利用および用途適性評価（民間共同研究）	34	
		7 様々な使用環境下における道産I形梁の性能評価（民間受託研究）	35	
		8 ホルムアルデヒドキャッチャー剤の性能評価（民間受託研究）	36	
		9 等級区分された十勝産カラマツ材の強度性能評価（民間受託研究）	37	
		10 電子写真印刷技術を用いた木材の粉体塗装に関する研究（民間共同研究）	38	
		11 インサイジングに替わる難注入性道産材への薬液含浸技術の開発	39	
		12 乾燥材の精密水分計測技術の検討	40	
II 木材産業の体質強化を促進するための技術開発	1 生産技術の改善・開発	1 切削音による帯鋸の異常判断の検討	41	
		2 蒸気式乾燥装置内の温湿度および風速分布の適正化（民間共同研究）	42	
		3 高湿乾燥対応の蒸気式乾燥装置自動制御システムの開発（民間共同研究）	43	
		4 針葉樹単板のフェノール樹脂接着特性に関する研究（民間受託研究）	44	
		5 道内資源を原料としたMDFの検討	45	
		6 乱尺材対応型自動積積装置の開発	46	
	2 生産工程の合理化	1 開発製品の実用化促進のための市場性の調査	47	
3 開発製品の市場性の評価				
III 未利用森林資源の活用を促進するための技術開発	1 物理的・化学的手法による利用技術開発	1 木質炭化物によるVOC吸着材料の開発	48	
		2 組織培養法による耐毒性物質の生産	49	
		3 イチゴ高設・長期どり栽培システムの実用化（共同研究）	50	
		4 ササ食品素材の安定化（民間共同研究）	51	
		5 海岸流木の脱塩処理とその利用（民間共同研究）	52	
		6 流木等木質廃棄物の改質技術の開発	53	
		7 木質炭化物の化学処理による環境調和型資材の開発	54	
		8 カラマツ由来資源の高付加価値化に関する研究（民間共同研究）	55	
		9 有機性廃棄物の熱分解に関する研究（民間共同研究）	56	
		10 樹皮及び木炭を用いた緑化資材の開発（民間共同研究）	57	
	2 微生物的手法による利用技術開発	1 未利用副産物を活用したきのこ栽培技術の開発	58	
		2 食用菌の生理的機能の利用に関する研究（民間共同研究）	59	
		3 菌床栽培におけるシイタケの機能性付与技術の開発	60	
		4 ナラタケ属きのこ種菌製造技術の改良	61	
		5 カボチャ種子を利用した食用きのこの新規培地材料の開発（民間共同研究）	62	
		6 きこの道産品種の食味性向上技術の検討	63	
		7 針葉樹おが粉の利用に適した道産品種の育成	64	

The table of contents of annual research results in 2002

Fundamental objectives of research	Concrete objectives of research	Subject of research	Page
I Technological Development for Diverse Utilization of Wood Products	1 Development of Utilization Technology for Enlargement of Wood Products Market	1 Practical Studies of Pedestrian Bridge Using Karamatsu Timber	2
		2 Study on VOCs Emissions from Wood-Based Materials and Distribution of VOCs Concentration in Wooden Residence	3
		3 Study on Control Techniques of VOCs Emission Rates from Furniture	4
		4 Mechanism of Chemicals Emission from Wood-Based Material for Sick House Disease	5
		5 Development of the Improvement Technology in Amenity by Wood Based Materials	6
		6 Realization of Road-Heating-System Worked by Using the Natural Energy with Woody Quality Paving Materials	
		7 Development of Techniques for Evaluating the Window Operability	7
		8 Development of Wooden Playstructures for Children of All Abilities	8
		9 Development of a Medium-Sized Raised Bed for Use Indoors and Outdoors.	
	2 Development of Recycling Technology for Wooden Resources	1 Establishment of Manufacturing Process of Live Stock Bed from Wood Waste	9
		2 Biodegradation of Paint and Adhesive, and Elution from Paint and Adhesive	10
		3 Evaluation of Treated Wood in House Demolition Wood	11
		4 Development of Fundamental Techniques for Machining of Waste Wood with Nails	
		5 Development of an All-Round Type Pincers Device	12
		6 Study of Recycling System to Promote Utilization of Waste Wood in Hokkaido	13
	3 Development of Technology for Improving Properties of Wood and Wood Based Materials	1 Development of Technology for Utilizing Engineered Wood Using Timber Grown in Hokkaido	14
		2 Development of a Timber Joint Method Using Steel Side Plates	15
		3 Influence on the Fire Preventive Performance of a Surface Makeup Layer	16
		4 Development of Wood-Based Material with High Fire Preventive Performance	17
		5 Development of a Quasi-Fireproof Wood Frame Wall for Cold Districts	18
		6 Evaluation and Improvement of Properties of Wood Treated with By-Products of Wood Carbonization	
		7 Studies on Genetic Identification of Decay Fungi Using DNA Analysis	19
		8 Investigation of Wood Highly Densified by Compressive Molding for Use as a Floor Material and Floor Structure	
		9 Development of Technology for Improving Durability of Wood by Chemical Modification	
		10 Development of Heating Plywood and Heating Composite Panels Using Electro-Conductive Compounds	20
		11 Development of a Louver Using Timber Grown in Hokkaido	21
		12 Development of a Bio-Toilet Considering Universal Design	
	4 Development of Teechnology for Combination of Wood and the Other Materials		
	5 Perfection of Use-Directry for Wood and Wood Based Materials	1 Development of Maintenance Manual for Wood Outdoor Playing Structure and Log House	22
		2 Development of Remaining Strength Estimation for Erosion Control Structures Made with Thinning Wood	23
		3 Wood Qualities of Plantation-Grown Akaezomatsu (<i>Picea glehnii</i>)	24
		4 Test of Wood Qualities for Improvement in Breeding Nursery of Sugi (<i>Cryptomeria japonica</i>)	25

Fundamental objectives of research	Concrete objectives of research	Subject of research	Page	
I Technological Development for Diverse Utilization of Wood Products	5 Perfection of Use-Directry for Wood and Wood Based Materials	5 Selection of Superior Hybrid Larch and Evaluation of its Utilization	26	
		6 Evaluation of Wood Qualities and Utilization of Hybrid Larch		
		7 Evaluation of Performance of I-Beams Made in Hokkaido in Various Use Environments	27	
		8 Performance Evaluation of a Formaldehyde Scavenger		
		9 Evaluation for Strength Performance of Grading Karamatsu (in Tokachi)	28	
II Technical Assistsnce for Fortifying of Local Forest Product Industries	1 Improvement and Development of Manufacturing Technology	1 Direct Printing of Powder Toner on a Wood Surface with an Electro-Photo Technology System	29	
		2 Development of Technology for Improving Liquid Penetration to Softwood	30	
		3 Development of Moisture Gradient Measuring System to Prevent the Deformation of Kiln-Dried Softwood Lumber	31	
		4 Analysis of Running Noise for Detecting Damage of Band-Saws	32	
		5 Optimization of the Temperature, Humidity and Air Velocity Distribution in the Steam Dry Kiln		
		6 Development of an Automatic Control System of a Dry Kiln for High-Temperature Schedules	33	
	2 Rationalization of Manufacturing Processes	1 Studies on Adhesive Characteristics of Phenol Resin Used for Softwood Veneer		
		2 Study on MDF Production Technology Using the Raw Material in Hokkaido	34	
		3 Development of an Automatic Piling Device for Irregular Laminas	35	
	3 Assessments of Market-Performance of Developed Products	1 Researches on Marketability to Promote Practical Use for Developed Products	36	
	III Technological Development for Utilizing Un-or Less-Used Forest Resources	1 Development of Utilization Technology of Wood by Chemical/Physical Method	1 Development of VOC Adsorption Material from Charcoal	37
			2 Production of an Antifeedant Against Voles in Cell Cultures of Woody Plants	38
			3 Development of a Year-Round Harvesting System for High Bench Culture of Strawberries	39
4 Stabilization of Food Materials from Bamboo Grass				
5 Desalting and Utilization of Driftwood from the Coast				
6 Green Material from Driftwood and Waste Wood			40	
7 Development of New Environmental-Friendly Materials by Chemical Processing of Heat-Treated Wood			41	
8 Study on Utilization of Japanese Larch (<i>Larix leptolepis</i> (Sieb. et Zucc.) Gord.) Components by Chemical Processing				
9 Study on Pyrolysis of Organic Waste Matter				
10 Development of the Materials for Revegetation Made from Bark and Charcoal				
2 Development of Utilization Technology of Wood by Microbiological Method		1 Development of Cultivation Technology by Using Unutilized Waste Materials	42	
		2 Research on Physiological Function of Edible Fungi		
		3 Development of Cultivation Technology for Functionalized Shiitake		
		4 Improvement of Technique on Producing Spawn of Naratake (<i>Armillaria</i> spp.)	43	
		5 Development of New Additive by Using Residue of Pumpkin Seed on Cultivation of Edible Mushrooms		
		6 Improvement in Taste of Fruit Body in Mushroom Varieties Developed in Hokkaido	44	
		7 Breeding of New Mushroom Varieties from Hokkaido for Cultivation Using Softwood as the Substrate	45	

林産試験場の
平成14年度試験研究成果の概要

2002 Annual Research Results
of the Hokkaido Forest Products Research Institute

1.1.1 カラマツ材を用いた人道橋の実用化研究 Practical Studies of Pedestrian Bridge Using Karamatsu Timber

平成13～14年度 プロジェクト研究 共同研究
金森主任研究員，構造性能科，デザイン科，機械科，北海道集成材工業会

構造用集成材を用いた近代木橋の架設対象は未だ林道や公園などに限定されているが，これまでの架設数は400橋を超えてその規模も徐々に大きくなっている。しかし，近代木橋に用いられている木材はベイマツやボンゴシなどの輸入材が多く，道産カラマツ材の利用事例は数少ない。

一方，カラマツは北海道の主要な人工造林木であるが，その製材の用途はこん包材やパレット材などが大半である。今後は製材の高付加価値化と地場消費も期待できる建築・土木分野への需要拡大が望まれている。また道内26社が加入している北海道集成材工業会では，木橋をカラマツ構造用集成材の用途拡大を図るための主要な柱の一つとして位置付けている。

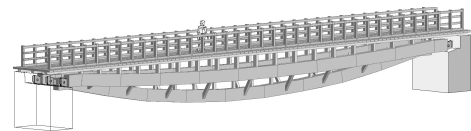
そこで本研究では，カラマツ構造用集成材を用いた人道橋の普及のために，耐朽性能や処理コストに優れた構造用集成材の製造条件，構造用集成材と鋼材等の異種材料を組み合わせ^{けた}て強度性能を向上させた強化桁について検討した。さらに，これらの研究成果と耐久設計の考え方などを取り入れた人道橋の設計・積算についても検討した。

平成13年度は，ラミナおよび集成材の状態^でインサイジング処理を施し，アルキルアンモニウム化合物系薬剤（AAC）の改良薬剤を加圧注入した結果，その浸潤度は集成材の方がラミナの状態よりも高いことが分かった。強化桁については，両端ピン支持によるサスペンション構造ならびに単純支持による張弦梁構造の供試体の曲げ試験を行った結果，前者の曲げ剛性は単純支持とした集成材だけの場合よりも最大で2.1倍の値を示すことが分かった。

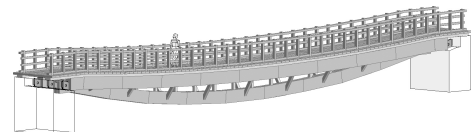
14年度は，集成材の2か所に縦継ぎを設けたサスペンション構造による強化桁の曲げ試験を行った。供試体は前年度に強度性能向上の効果が確認されたサグ比6%の鋼材の両側に集成材を配置し，それらをボルトで固定したものとした。集成材はスパン方向に3分割し，それぞれの下面に0本，8本および24本のラグスクリーによる鋼板ガセット接合の縦継ぎとした。曲げ

試験の結果，接合効率（集成材に縦継ぎを有しない供試体の曲げ剛性値に対する割合を表したもの）は，最大で81%を示し，この接合具を用いた強化桁は初期剛性の確保に十分な接合性能を保持していることが分かった。なお本実験では，支持方法の制限から支^た点の水平方向における拘束が十分とは言えず，弾性的な支持になっていたと考えられる。したがって，この強化桁を取り入れた人道橋の設計にあたっては，理想的なサスペンション構造のように荷重負担を鋼材のみの引張りに頼るのではなく，集成材を含めた強化桁にも荷重負担をさせた安全側の提案を行った。

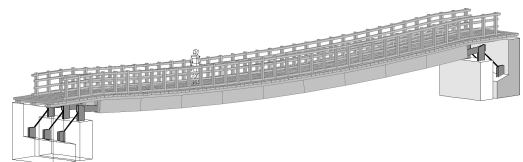
サスペンション構造の強化桁ならびにカラマツ防腐・防蟻^{ぼうぎ}処理集成材などを用いた人道橋の設計（第1図）・積算を行った。積算の結果，設計を行った人道橋の上部工費は，同規模でカラマツ構造用集成材を用いた単純桁橋の場合よりも約3割削減した。



主桁のサグ比：3%と6%，橋床の縦断勾配：0%
Sag ratio of main girder: 3%&6%，
Slope of bridge floor : 0%



主桁のサグ比：3%と6%，橋床の縦断勾配：7%
Sag ratio of main girder: 3%&6%
Slope of bridge floor : 7%



主桁のサグ比：3%，橋床の縦断勾配：7%
Sag ratio of main girder: 3%
Slope of bridge floor : 7%

第1図 強化桁による人道橋の設計例

Fig.1. Plans of pedestrian bridge with reinforced girder.

I.1.2 木質建材からの VOC 放散と室内分布性状

Study on VOCs Emissions from Wood-Based Materials and Distribution of VOCs Concentration in Wooden Residence

平成 13～14 年度 共同研究

梅原主任研究員，性能開発科，合板科，接着塗装科，加工科，
道立衛生研究所，道立北方建築総合研究所，北海道東海大学，(株)前田理工，
(株)アストリー，コープ住まい(株)，松本建工(株)

住宅内の揮発性有機化合物 (VOC) については、その測定体制の確立および濃度低減方法の検討が早急に求められている。本研究は、木質建材からの VOC 放散特性の解明、住宅における施工方法および換気方法を検討し、低 VOC 住宅を実現するためのマニュアルの作成を目的とした。

平成 14 年度に得られた成果は以下のとおりである。

(1) 3m³ チャンバを用いたホルムアルデヒド放散量予測手法の検討

製作した 3m³ チャンバと実大空間での測定値を比較し、実大空間での濃度予測の可能性を検討した。現時点では両者の間に差がみられるが、今後、測定数を増やし、予測精度の向上を目指す。

(2) 木質材料のホルムアルデヒド放散に及ぼす温湿度の影響

周囲温湿度を変化させた場合の木質材料のホルムアルデヒド放散量について検討を行った。温湿度変化条件、材料特性、接着剤の違いなどによる挙動の違いは大きく、今後もデータを蓄積する必要がある。

(3) 内装材からのホルムアルデヒド放散量および実大実験室における濃度測定

市販の内装材料数種のホルムアルデヒド放散速度を小型チャンバで試験した結果、改正後の建築基準法の内装面積使用無制限の基準 0.005mg/m²h 前後に分布しており、この基準を十分にクリアする製品が平成 14 年 11 月時点では少ないと考えられた。一方、チャンバ試験に用いた内装材料の一部を用いて実大規模の空間に施工したところ、厚生労働省の基準値を満たす 0.1mg/m³ 以下の室内濃度を示した。チャンバからの計算値と実測値の差が大きく、今後の課題となった。また、換気を行う場合、給気口を閉鎖すると室内が負圧になるため躯体内

の空気が室内に流入し、室内濃度が上昇した。この結果から躯体の材料選定、適切な給気の確保等が重要であると考えられた。

(4) 住宅内の換気シミュレーション

温度と相対湿度変化に応じた仕上げ材からのホルムアルデヒド発生データを用いて、室内の濃度変化をシミュレーションした。第 1 種換気、第 2 種換気、第 3 種換気、パッシブ換気の 4 つの換気手法でのホルムアルデヒド濃度の変化を比較し、ホルムアルデヒド・VOC 等排出に効率的な換気の方法について検討した結果、各室に機械で強制給気する場合には、排気室で濃度が高くなる場合があった。給気を自然とした場合は、排気口の位置や季節によって換気効率に影響が出て問題となると考えられた。

(5) VOC 対策住宅の夏期の室内環境

VOC 対策を考えた断熱住宅における夏期の室内環境を測定した結果、防暑計画 (日射遮へい・熱気排出等) の重要性和効果を確認できた。この高断熱住宅は、通年で安定した室内環境が維持されている。

(6) 接着剤と塗料からのホルムアルデヒドと VOC の放散

壁紙用の溶剤形接着剤はオープンタイムをとらないと、ホルムアルデヒドが接着層に残り、被着体の内部を拡散移動して放散される可能性が示唆された。デシケータ法と小型チャンバ法の値を塗布量と温度を変えて比較した結果、両者の間に高い相関があり、デシケータ値からチャンバ値を推測することが可能になった。いずれの座板に溶剤系未対策塗料と溶剤系対策塗料を塗布し、チャンバでトルエン、m/p-キシレン、o-キシレン、エチルベンゼンの放散速度を測定した。未対策塗料に関してはエチルベンゼンを除き 14 日経過しても室内濃度指針値を下回ることはないが、対策塗料に関してはトルエンを除き十分低い濃度になっていた。

1.1.3 家具等からの VOC の放散と低減方法の検討

Study on Control Techniques of VOCs Emission Rates from Furniture

平成 13～14 年度 中小企業庁補助事業
梅原主任研究員，合板科，性能開発科，接着塗装科，加工科

住宅におけるシックハウス対策は、建築基準法の改正により、建材から放散されるホルムアルデヒドが規制された。また、揮発性有機化合物(VOC)に関して、今後建築基準法に取り入れられる可能性が高い。しかし、家具に関しては、造り付け家具や建具を除けば、家具業界の低VOC材料の使用という自主規制しかない。家具から放散されるホルムアルデヒドや VOC が、室内空気汚染の要因の一つとして認識されていることから、家具等に関しても、なんらかの規制が設けられることが予想される。このような状況において、家具からのVOCの放散量を低減させるための技術の確立は非常に重要になってくる。

平成 14 年度は、ホルムアルデヒドやVOCの新たな測定方法とホルムアルデヒドおよびVOC低減の手法について検討し、得られた成果は以下のとおりである。
(1) デシケータ法によるアセトアルデヒド放散量の測定方法の検討

ホルムアルデヒド放散量を測定するには、デシケータを用い、アセチルアセトン-酢酸アンモニウム溶液との反応によって分析する方法がある。この方法は、簡便に測定できるが、ホルムアルデヒドしか分析できない。そこで、2,4-ジニトロフェニルヒドラジン(DNPH)とリン酸を混合したDNPH試液を用いDNPH誘導体を生成することで、デシケータ法でホルムアルデヒドとアセトアルデヒドの放散量を同時に測定することが可能になった。

(2) 低VOC塗料からのVOCの種類と放散量の測定

溶剤系、水系、UV、自然系の各低VOC塗料からのVOC放散量を測定し、時間経過とともに放散量がどのように変化するか比較検討した。その結果、全体的にVOC放散量は低いが、厚生労働省で室内濃度指針値が設定されている以外のVOCの放散が確認された。

(3) 塗料からのVOC放散量の低減方法と生産の効率化の検討

各低VOC塗料において、乾燥温度によるVOC放散

量の低減を検討した。その結果、全ての塗料に関して、塗布したときの室温に対して15℃より高い乾燥温度では気泡ができるため、15℃以下にする必要があることがわかった。自然系塗料を除き、15分の乾燥時間で十分乾燥しており、一夜乾燥したときのVOC放散量と比較して、ほとんど変わらない結果となった。これは、VOCの低減と塗装工程の効率化に寄与すると考えられる。自然系塗料では、15℃15分では、乾燥が不十分で、乾燥時間の短縮が課題となることが明らかになった。

(4) 実大家具からのVOC放散量の測定方法の検討

ホルムアルデヒド放散速度は、チャンバー容積に対する製品の表面積の割合(試料負荷率)の増加とともに減少することが知られている。小型チャンバーでの試料負荷率は、材料を加工することで、大きさを一定にすることが可能であるが、家具の場合、表面積を変えることができないため試料負荷率を一定にすることは不可能である。しかし、チャンバー濃度の逆数と換気回数と試料負荷率の比率の間に直線関係が得られたことから、異なる試料負荷率であっても、換気回数を制御することで、試料負荷率に依存しない放散速度の測定が可能になった。

(5) ホルムアルデヒド低減方法の検討

吸着剤を用いたホルムアルデヒドの低減方法のうち、家具に直接塗布するタイプの場合、処理直後は約90%低下したが、1年後には、処理直後の濃度の約2倍になり、吸着剤の効果の持続性が問題となった。固形の拡散吸着タイプの場合、活性炭のような物理吸着タイプでは、吸着したホルムアルデヒドが温度などの条件で脱着した。これに対し、カラマツ樹皮のアンモニア処理した化学結合タイプのはほとんど脱着しないことが明らかになった。光触媒塗料を用いた低減方法では、初期濃度の1/6に低減したが、照度と低減分解性能の関係や塗料としての性能などを検討する必要がある。

I.1.4 シックハウス対策としての特定の木質建材に関する化学物質の放散特性の解明 Mechanism of Chemicals Emission from Wood-Based Material for Sick House Disease

平成14～16年度 共同研究（農林水産省農林水産研究高度化事業）
梅原主任研究員，合板科，性能開発科，（独）森林総合研究所，早稲田大学，
静岡大学，東京農業大学，鹿児島県工業技術センター，（財）日本合板検査会

木質材料が実際に使用される場合，異なる化学物質放散特性を持つ複数の材料が同時に使われることは，往々にしてありえる。このような場合に，全体から発生する化学物質放散特性は明らかになっていない。また，生産時や施工現場での材料の保管において，化学物質放散性の高い製品からの移流によって低放散の材料が汚染される危険性もある。本研究では，このような複数材料共存時の化学物質放散量を測定し，その特性を検討する。

平成14年度は，複数の材料が共存する場合と単体時のVOC濃度の違いや，材料間の吸着を明らかにするための実験を行った。試験体としては，Fc2相当のカラマツ合板とFc0相当のラワン合板の2つを用いた。試験体の暴露面積は1枚あたり216cm²とした。試験には20Lのステンレスチャンバを用い，換気条件は23℃50%RHの条件下で0.5回/h，試料負荷率は2.2m³/m³とした。

(1) 共存実験

Fc2，Fc0相当の異なる放散特性を持つ合板試験体をチャンバ内に1枚ずつ計2枚設置し，VOCの気中濃度を測定した。測定は材料投入後15時間後に行った。Fc2とFc0の合板を共存させた場合のホルムアルデヒドの放散速度に単純な加算則が成り立つとすれば，計算値は18.4となるが，測定された放散速度は8.6と小さかった。この原因としてはFc0合板による吸着が考えられる。その他のVOCでは，全体的に濃度が低いため明確な傾向が得られなかった。

(2) 再放散実験

Fc2，Fc0相当の合板をチャンバ内に2枚ずつ計4枚（試料負荷率は4.4m³/m³）設置し，48時間共存状態においた後，ホルムアルデヒド濃度を測定した。測定後，

それぞれの試験体を別のチャンバに移し，単独状態での濃度を15時間後に測定した。この試験で使用したFc2合板は，製造後密封状態にあった物を試験直前に開封して使用したため，実験初期に高い放散量になり，その後に急速に放散量が減少したと考えられる。しかし，共存状態解消後のFc2合板の気中濃度は，共存中の濃度より高くなっていた。これはFc0合板によるホルムアルデヒド吸着がないためと考えられる。また，比較的高濃度状態に暴露されたと思われるFc0合板の試験体は，共存実験前の濃度に比べ再放散実験の濃度が高く，吸着したホルムアルデヒドの再放散が起きていることが考えられた。

(3) 吸着試験

吸着による気中濃度減少を明確にするために，放散源を入れたチャンバの排気を並列に設置した2つのチャンバに導入し，片方に試験体を設置した吸着チャンバ，もう一方は試験体を設置しないブランクチャンバとした。あらかじめ，試験体を入れない状態で24時間運転を行い，放散源からの放散が一定になるように努めた。その後試験体を設置し，24時間後の気中濃度を測定した。放散源としてはFc2相当合板を2枚，試験体にはFc0相当合板を2枚用いた。Fc0を投入したチャンバ内濃度はブランクチャンバより低い値を示し，試験体による吸着が発生していると考えられた。

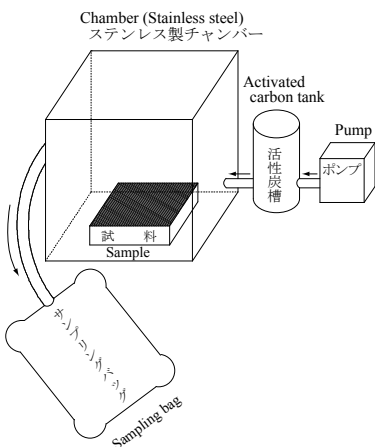
以上の実験結果から，放散特性の異なる材料が共存した場合には，一方の材料に吸着が発生し，その放散量には単純な加算則が成り立たない場合があることが明らかになった。しかし，VOCの種類による傾向の違い，吸着量の定量的な測定および吸着した物質の再放散については，今後データの蓄積を行い明らかにする必要がある。

I.1.5 健康志向型木質建材による居住性向上技術の開発 Development of the Improvement Technology in Amenity by Wood Based Materials

平成 12 ~ 14 年度
性能開発科, 接着塗装科, 合板科

近年のシックハウスといった社会問題を背景に、健康的で快適な住環境の提供および管理は建築に携わるものの責務となっている。しかし、建築内装材をはじめとする建材から発せられるにおいては、生理的・心理的に不快感を与えている場合があるが、室内の臭気レベルでの定量的な測定方法、評価手法が確立されていないため、快適性に及ぼす影響が大きいにもかかわらず基準化が行われていない。また、シックハウスの要因とされるホルムアルデヒド (HCHO) の放散量については、温湿度依存性があるとされているが、室内の湿度変動による木質材料の含水率変化との関係については系統的に検討された例は少ない。

(1) においの主観評価

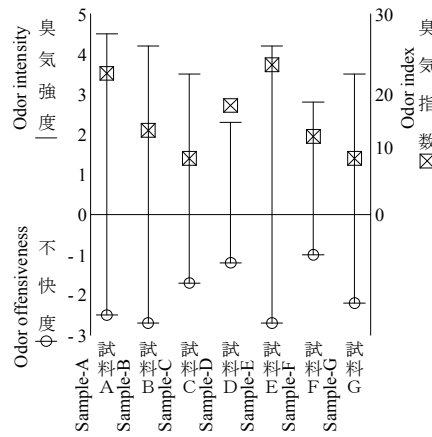


第 1 図 試料臭気採取装置
Fig.1. Odor sampling system.

本研究は、嗅覚測定方法を用いて、建築材料から発生するにおいの主観評価を行い、建材から発せられるにおいが室内空間に及ぼす影響を評価した。

第 1 図のように、居住空間に見たてたステンレスチャンバの中に建築材料を入れ、住宅の換気回数に相当する量の無臭空気をポンプで送り込み、サンプリングバッグで原臭を捕集し、この臭気を、被験者がにおいを感じなくなるまで希釈していく「三点比較式臭袋法」により臭気指数を求め、9段階評価の快・不快度を示す主観評価もあわせて行った。

その結果、木質系ボード (A~D) の臭気指数は 8.4 ~ 21.1、製材 (E, F) は 11.7 ~ 22.4、ビニル壁紙 (接着剤含;G) は 8.4 となった。また、快・不快度ではすべての試料において不快感を示し、「やや不快 (-1)」~



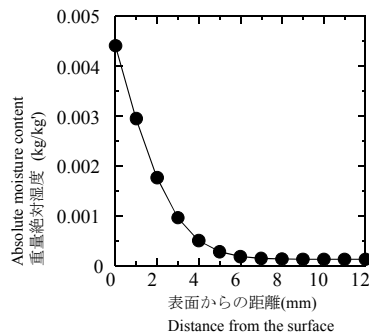
第 2 図 試料臭気の主観評価

Fig.2. Sensory evaluation of odor from building materials.

「非常に不快 (-3)」の評価となり、同類の内装材であっても快適性に及ぼす影響に大きな違いがあることが示唆された (第 2 図)。

(2) 熱湿気性能評価

熱水分同時移動基礎式から、湿度変化時の木質材内水分変化を予測するシミュレート手法を導き、その応用例として、吸湿時の木質材の HCHO 放散量変化と、材内水分変化の関係を検討した。ユリア樹脂接着剤を用いた 12mm 厚合板を小型チャンバに入れ、23℃50% で 12 時間養生した後、湿度を 75% に上げてさらに 12 時間静置した。同様の湿度変化を与えた合板の吸湿量を計算値と重ね合わせることでシミュレート時の適正パラメータを決定し、内部水分変化を算出した。吸湿によって、HCHO 濃度は 0.075mg/m³ から 0.102mg/m³ へ増加した。また、湿度 75%、12 時間静置後の材内水分分布を第 3 図に示す。吸湿は表層から 4mm 程度にとどまっており、HCHO 放散量変化も、この表層部分の水分変化に起因すると考えられる。



第 3 図 合板内の水分変化

Fig.3. Moisture content profile of plywood.

今後、HCHO 放散量と湿度の関係を検討する上で、有用なデータであると考えられる。

I.1.7 窓の操作性評価技術の開発

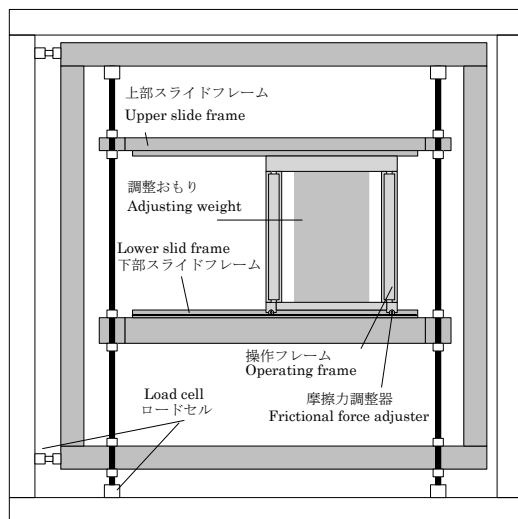
Development of Techniques for Evaluating the Window Operability

平成 13 ～ 14 年度 共同研究
性能開発科，道立北方建築総合研究所

本研究は，窓の操作性評価手法の確立と開閉性の良い窓の設計製作方法の検討を行うことを目的としている。

窓操作試験機（第 1 図）を用いた窓の開閉操作性評価では，道立北方建築総合研究所より以下のことが報告されている。

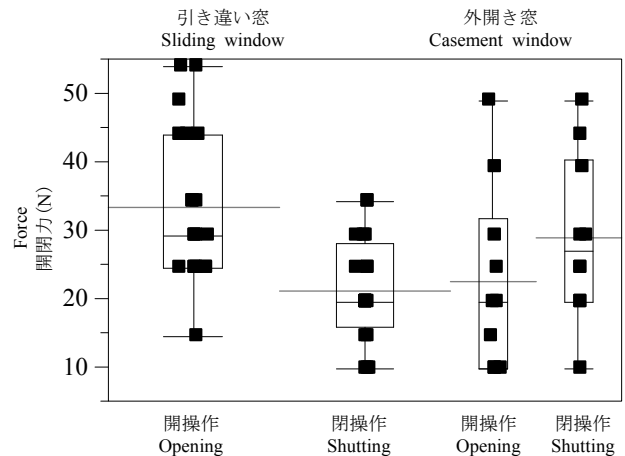
- (1) 開閉動作には多様性があり，操作性の評価には摩擦力や重量，操作部形状の手掛り深さやハンドルの太さが影響している。
- (2) 摩擦力は成人でも負担感なく操作できる 20N 未満が望ましく，高齢者では 15N 程度が望ましい。
- (3) 手掛りは 10mm 以上が必要になるが，高齢者では手掛りが深くなっても評価は低い。
- (4) 掴みやすいハンドルの方が操作性は高い。



第 1 図 窓操作性試験機
Fig.1. Window operability tester.

北海道の住宅に導入されている引き違い窓，外開き窓の開閉力の実態を調査した結果，引き違い窓の平均値は開け力 33.6N，閉め力 21.3N で開け力が大きい傾向にあり，外開き窓は開け力 22.5N，閉め力 28.9N であった。どちらも JIS A 4706 に規定される 50N 以下は満たしていたが，本研究の基準値とした 20N 未満には達していなかった（第 2 図）。

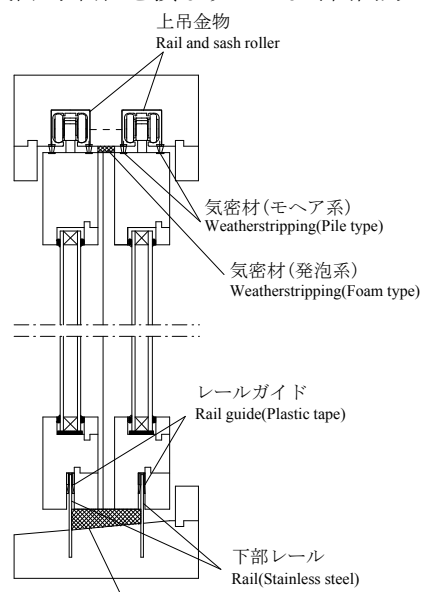
これらの結果をもとに，開閉操作力に焦点を絞り開



第 2 図 開閉力測定結果
Fig.2. Opening and shutting forces.

閉力 20N 以内の引き違い窓の設計製作を行い，気密・水密性を含めて検討を行った（第 3 図）。

結果として，開閉力は 17 ～ 18N，気密性能は JIS A 4706 に規定される A-4 等級，水密性は JIS A 4706 に規定される W-3 等級を満たすことができた。特徴としては，吊金物を使用することで下部レールの気密材を省き，レールガイドに気密材の役目を持たせることで気密・水密性を損なうことなく開閉力の軽減が図れる。



第 3 図 試作窓の縦断面図
Fig.3. Profile of the wooden window as a trial.

また，この窓の操作性評価の予測では，直径 30 mm の把手で最適になり，成人，および高齢者の評価は共に七段階評価の中間となり，操作性は確保されていた。

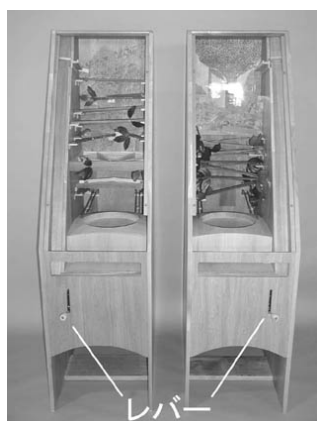
I.1.8 障害を持つ児童も楽しめる木製遊具の開発 Development of Wooden Playstructures for Children of All Abilities

平成 11～12, 14 年度
加工科

現在、公園やプレイルーム等に置かれている遊具のほとんどが健常児の使用を前提としたものであり、心身に障害を持つ児童にとって使いづらいものが少なくない。健常児と障害を持つ児童とが共に楽しめる遊具の開発は、大変遅れているのが現状である。また、障害を持つ児童の中には接触時の刺激に対して敏感な児童も多く、触感がやさしい木材は遊具の材料に適していると言える。そこで本研究では、障害を持つ児童も快適に楽しめる木製遊具を開発することを目的とした。

平成 11, 12 年度は、滑り台対応型木製車いすと木製手こぎコンベアの開発を行い、14 年度はさらに木球を使った遊具を 4 種類開発した。障害を持つ児童の中には、複雑な動きをすることが苦手であったり、あるいは動きの速いものを目で追うことが苦手であったりする児童がいるため、簡単な操作で楽しめ木球の動きも速くなり過ぎないように心がけた。

(1) レバー操作をして木球を上方へと運び、その球が落ちてくる様子を見て楽しむ遊具を 2 種類製作した(第 1 図)。この遊具の木球の中には磁石が入っており、磁力を利用して上方へと運ばれていく。2 種類の遊具のレバーはそれぞれ右と左にあるので、使いやすい方を選択できる。また、レバーにはバネがついており、押し下げられたレバーは自動的に元の位置まで跳ね上が



第 1 図 磁石入り木球を使った遊具

Fig.1. Playthings with wood ball containing magnet.



第 2 図 木球を使った「シーソーボール」

Fig. 2. “Seesaw ball” with wood ball.



第 3 図 磁石入り木球を使った「PK ゲーム」

Fig. 3. “PK game” with wood ball containing magnet.

るため、レバーを握ることができない児童でも押し下げる動作さえできればこの遊具を操作することができる。さらに前板の下部は最高 360mm の高さまで切り欠かれており、車いすを利用している児童が遊ぶ際、この部分にフットプレートに載せた足を入れることでより遊具に近づいて遊ぶことができる。

(2) ハンドル操作でシーソー状の板を動かし、その上を転がる木球のスピードを調節しながら進めていく遊具を製作した(第 2 図)。さらにもう一つのハンドルを操作して木球をゴールに入れる。ハンドルの直径は児童の手の大きさを考慮して 60mm とした。

(3) 磁石を入れた木球を使いサッカーの PK を模した遊具を製作した(第 3 図)。PK を蹴る代わりに発射台の斜面を転がすことでゴールを狙う。発射台は手前側を支点に角度を変えられる。ゴール手前の板の裏側に磁石が取り付けられており、磁力によってなかなかゴールできないようになっている。発射台の角度を変えて球を載せるといった簡単な動作だけで遊ぶ、また木球の動きも速くないので、多くの児童が遊べると考えられる。

これまで林産試験場では障害を持つ児童も楽しめる木製遊具の開発を行ってきた。その中で得られた知見から、遊具を設計する際に配慮すべき点、人体寸法などの参考になる資料について取りまとめを行った。

I.2.1 木質廃棄物を原料とした敷料生産技術の確立

Establishment of Manufacturing Process of Live Stock Bed from Wood Waste

平成13～14年度

中野主任研究員，再生利用科，物性利用科，防火性能科，製材乾燥科，機械科

平成11年に「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が制定され、16年11月の完全施行に向けて糞尿処理の適正化が求められている。家畜の糞尿処理方法として、その多くは敷料を使用し糞尿とともに回収し堆肥化されているが、近年の飼育頭数増加に伴い必要となる敷料の量も多くなり、今後、不足が懸念される地域が存在する。

一方、古くから敷料に使われてきた木材工業の副産物であるのこくずやバークに加え、パルプ材から生産されるオガ粉、産業廃棄物である抜根や住宅解体材を粉砕したものなど、木質系敷料は畜産業にとって不可欠となっている。しかし、その性能が明らかにされておらず、農家によっては木質に対して否定的な意見も少なくない。そこで本研究では木質廃棄物の敷料としての性能を明らかにするとともに、求められる性能を達成するための技術開発の検討を行った。

(1) 敷料資材保管時の含水率と発火の関係

敷料関連施設調査の結果、年間数件程度、敷料の自然発火が起きていることから、敷料の自然発火発生に最も影響すると考えられる含水率と堆積時の温度との関係について検討した。敷料資材として、剥皮直後のエゾマツバーク、トドマツバークを用いた。風乾もしくは30～40℃の温風で含水率を30～150%とした敷料資材を直径18cm、高さ20cm、容積5Lの断熱容器に充てんし、約1か月間内部温度を測定した。容器内温度は充てん後2～5日間で15℃程度の温度上昇を示し、その後なだらかに低下した。同じような自然発火現象を示す牧草を保管する場合、含水率を20%以下とするように指導されており、これが敷料資材を保管する場合にも一つの含水率指標になると考えられる。

(2) 簡易乾燥法の検討

農家からは乾燥した敷料が求められているため、オガ粉を乾燥することを目的に、既存の木材用乾燥室内設置を前提としたロータリーキルンを設計・試作した。

試作したキルンは直径1,100長さ1,800mmで、モータは乾燥室外に設置し、チェーン駆動により乾燥室内に動力伝達してプーリを駆動し、プーリ上に載せたキルン部を回転させる方法とした。インバーターにより回転速度は可変、キルンの内部には長さ150mmのかくはん羽根を設置し、前後端には直径300mmの通風口を設けた。

この試作機を用いて、回転数4rpmとして、異なるキルン温度によるトドマツオガ粉50kgの乾燥試験を行った。その結果、1時間の乾燥によりオガ粉の含水率は20℃で1.6%、40℃で5.2%、60℃で16.6%減少した。これに基づき、ロータリーキルンの長さを2倍、1kWhを灯油換算で4円と仮定し、含水率60%のオガ粉100kgを20%まで乾燥させるのに必要な灯油代を計算した結果、102～142円となった。なお、キルンを回転させるモータの消費電力は無視した。

次に、回転数を2倍の8rpmに上げて行った乾燥試験では、乾燥速度が16～29%向上した。また、回転数4rpm、オガ粉投入量を70kg（40%増）とした乾燥試験では、乾燥速度が31～37%低下した。

(3) 堆肥化試験

20℃恒温条件にて、トドマツ、カラマツ、スギのバーク、エゾ・トド、カラマツ、スギのこくず、カラマツオガ粉、広葉樹バーク、解体材粉砕物、抜根粉砕物、もみ殻を基材とした堆肥化試験（水分65%）を行い、温度変化、重量減少、堆肥の分析・発芽試験を行った。

解体材粉砕物は堆肥化温度が60℃を超え、重量減少率も大きく、堆肥化が良好に進んだことが分かった。

農家に敬遠されがちな針葉樹堆肥に関して、堆肥化期間が6か月である堆肥の抽出水によるコマツナ発芽試験で生育阻害性を検討した結果、スギのこくずで若干の阻害傾向が見られたが、エゾ・トド、カラマツのこくずについては蒸留水と差が見られず、堆肥としての使用に問題ないことが示された。

I.2.2 木質系廃棄物に含まれる塗料および接着剤の溶脱と生分解性の解明 Biodegradation of Paint and Adhesive, and Elution from Paint and Adhesive

平成14～15年度
接着塗装科，耐朽性能科

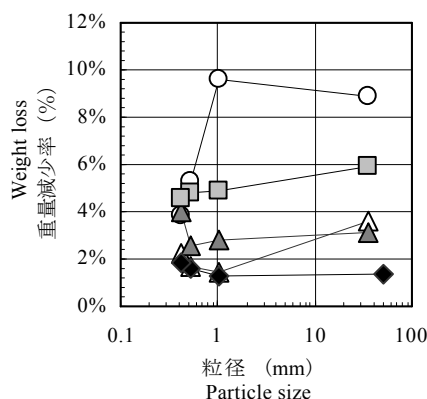
住宅廃材などから生じる木質系廃棄物の処理は多くの自治体で重要課題のひとつである。木材は生分解性を有するにもかかわらず，集成材や合板，その他の住宅部材などの木質材料で廃棄が問題視されているのは，それらが接着剤や塗料を含んでいるからである。一般に使用される接着剤・塗料の主成分となる合成高分子は溶脱や生分解性がほとんどないと考えられている。しかし，いくつかの化合物が混合されている市販の接着剤・塗料の溶脱や生分解性に関する知見はほとんど得られていない。本研究は木質系廃棄物の適正な廃棄，再利用のための基礎データとして接着剤・塗料の溶脱と生分解性を検討する。平成14年度は接着剤・塗料からの溶脱物の量と成分を調べた。

接着剤は市販のレゾルシノール樹脂（以下RF），ユリア樹脂（UF1），ユリア樹脂（低ホルムアルデヒド）（UF2），メラミン樹脂（MF），水性高分子イソシアネート系接着剤（API）を用い，塗料は市販のウレタン樹脂を用いた。各接着剤・塗料は使用書に従い調製し，テフロンシート上に薄く伸ばし，1か月以上養生した。サンプルは粉碎後，ふるい分けた。接着剤・塗料サンプル2gに対して50mLの水を入れ，25°Cで2週間浸とうし，残渣および溶脱物について重量測定およびIR分光分析を行った。結果は以下の通りである。

第1図は水による溶脱処理を行った接着剤の粒径に対する重量減少率を示す。いずれの接着剤も粒径がおよそ1mm以上で重量減少率はほぼ横ばいとなった。そのときの重量減少率を比較すると，RFは重量減少率が最も高く約10%，次いでMF約6%，UF1約4%，UF2約3%，API約1%であった。ウレタン樹脂塗料ではほとんど重量減少は認められなかった。粒径の増大に対する重量減少率は，RF，MF，UF1で増加し，UF2，APIでは減少した。粒径が小さい程，単位重量あたりのサンプルの表面積が増大するため溶脱量は増加すると予想されるが，RF，MF，UF1では相反する傾向を示した。第1表は各接着剤の溶脱物中の固形分量を割合で示している。いずれの接着剤も粒径が大きいほど固形

分量は減少した。すなわち，粒径が大きいと溶脱物中の揮発成分は多いことが示唆された。RF，MF，UF1，UF2では溶脱物中の固形分量は少なかった。とりわけRF，MF，UF1では粒径がおよそ1mm以上で固形分量が10%以下であり，溶脱物のほとんどが揮発成分であることが示された。一方，APIでは固形分量は70%以上であった。粒径に対する重量減少率がRF，MF，UF1とAPIで異なる傾向を示した（第1図）のは，溶脱物中の固形分量の違いによるものと考えられる。

溶脱物中の固形分はIRスペクトルより硬化反応が十分に進んでいないものであることが示された。揮発成分については今後検討する予定である。



第1図 種々の接着剤の粒度に対する水による溶脱処理後の重量変化

凡例) ○:RF, △:UF1, ▲:UF2, □:MF, ◆:API

Fig.1. Effects of particle size on weight loss for various adhesives.

Legend) ○: Resorcinol-formaldehyde resin(RF); △: Urea-formaldehyde resin(UF1); ▲: Urea-formaldehyde resin (Low formaldehyde)(UF2); □: Melamine-formaldehyde resin(MF); ◆: Aqueous vinylpolymer-isocyanate resin(API)

第1表 種々の接着剤の溶脱物中の固形分量

Table 1. Solid content of water-soluble extractives in various adhesives.

接着剤	溶脱物中の固形分量 (%) Solid content			
	35	1	0.5	<0.4
レゾルシノール樹脂 (RF)	4	5	10	15
水性高分子イソシアネート系接着剤 (API)	67	81	78	75
ユリア樹脂 (UF1)	1	3	12	45
ユリア樹脂 (低ホルムアルデヒド) (UF2)	32	34	45	70
メラミン樹脂 (MF)	3	11	25	57

1.2.3 木造住宅解体材に含まれる防腐処理材の利用適性評価 Evaluation of Treated Wood in House Demolition Wood

平成 12 ～ 14 年度
再生利用科，成分利用科，耐朽性能科

住宅を解体した廃木材の中にはクロム，ヒ素などの重金属，環境ホルモンの疑いのある有機塩素系化合物などの有害な物質が含まれている可能性がある。そこで廃木材の適正な再資源化を進めていくために解体材中に含まれる防腐処理材の発生状況，防腐薬剤の種類，残存量について調査を行った。これまでの調査から旭川市で現在発生している防腐処理材はクレオソート油処理材が多いことがわかった。今後はCCA処理土台が増加するとともに，同時期に使用された表面塗布タイプの防腐薬剤で処理された柱材等も排出されることが予想される。また，解体現場で採取されたクレオソート油処理材中の残存成分を分析した。

14年度は表面塗布タイプの防腐薬剤に含まれている可能性のあるクロルデン，ディルドリン等の環境ホルモンの疑いのある有機塩素系化合物について分析を行った。また堆肥化による防腐薬剤成分の挙動について検討を行った。

(1) 有機塩素系防腐薬剤の分析

中間処理工場，解体現場で採取した緑，ピンクに着色された42試験体について分析を行った。まず塗布された防腐薬剤が無機系であるか有機系であるか判別するため，銅などの金属に反応するジフェニルカルバジドによる呈色試験を行った。その結果，21試験体が無機系の薬剤と判断されたため，それ以外の21試験体が有機系の薬剤と判断された。これらの21試験体についてガスクロマトグラフィーによる分析を行ったところ6試験体からクロルデンが検出された。表層0～1mm部分のクロルデンの含有量を調べたところ最大で301mg/kgであった。また表面の防腐処理部分を鉋削除去して再利用することを考慮し，薬剤の浸透度を確かめるため，表面から1mmごとに5mmの深さまでクロルデンの含有量を分析した。その結果，着色が認めら

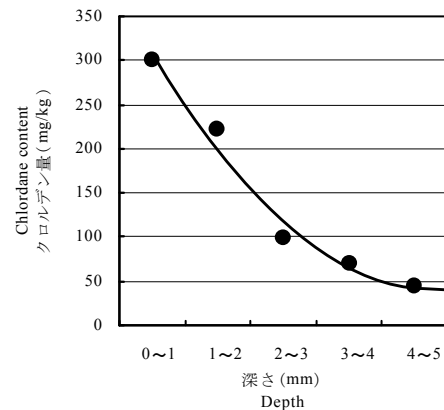
れない深さ4～5mmの部分からもクロルデンが検出された。一例として第1図に最もクロルデンの含有量が多かったものについて深さごとの含有量を示す。

(2) 堆肥化による防腐薬剤成分の挙動

培養瓶を用いた堆肥化のモデル試験を行い，堆肥化過程におけるペンタクロロフェノール (PCP) の挙動を調べた。残存量の経時変化を調べたところ，40ppmと8ppmのPCPを加えた条件では堆肥化期間の経過にともなうPCPの変化は認められなかった。

(3) まとめ

以上の調査結果から，住宅を解体した廃木材中には時代によって異なるが，重金属，環境ホルモンの疑いのある有機塩素系化合物等の有害な物質を含むものもあることが確認された。今後住宅を解体した廃木材を再利用するには，使用されていた部位，色，年代などを考慮し，防腐処理材を分別する必要がある。



第1図 表面塗布タイプの防腐薬剤で処理された試験体の深さごとのクロルデン含有量

Fig. 1. Chlordane content in 1-5mm depth of wood treated with surface apply type preservative.

1.2.5 万能型釘抜き装置の開発 Development of an All-Round Type Pincers Device

平成 14 ～ 15 年度 民間共同研究
機械科, 住友林業 (株)

加速する地球温暖化に対する危機感の高まり, 廃棄物の処理方法についての地域住民の不安や反発など, 一般市民の環境問題への関心は急速に高まっている。しかし, 木くずおよびその焼却灰は, 処理費の高い管理型最終処分場に埋め立てなければならず, その処分場の残余年数は短く, しかも処分場の新設は住民の反対にあってほとんど建設できない状況になっている。また, 焼却施設に対する厳しいダイオキシン排出規制のため, 今後は焼却施設の廃止が相次ぎ, 新設も減少することが予想され, 木質廃棄物を容易に廃棄することはできない時代に入っており, 再利用・再生利用への転換を促進する努力が必要となってきた。

これまでは, 一般に木造住宅解体材の利用技術として, いったん粉碎して, 製紙, ボード, 固形燃料, 敷料, 舗装資材等に利用されてきた。しかし, 今後は住宅の分別解体が進むと予想されることから, ある程度状態の良い物は粉碎せずにそのまま使う「再利用」が必要になってくると考えられる。

住宅解体材を再利用する場合, 利点としては十分に乾燥していることから狂わないという点が挙げられ, 特に集成材ラミナとして使用する場合には乾燥コストが不要もしくはわずかで済むというメリットがあり, また, 原材料費が不要または処理料金が徴収できるというメリットもある。

しかし, 最も重要な問題点は, ほとんどの住宅解体材に釘や金物などの金属類が付着していて, これらの除去に多くの人手と時間を費やすという点で, 万が一取り残しがあった場合には^{のこ} ^{かん} ^な 鋸刃や鉋刃を損傷してしまう, その修繕に多くの費用を費やすこととなる。

本研究は, 上記問題点を払しょくし得る再利用方法を確立するために, 再利用にあたって最大の問題点と考えられる釘抜き工程の省力化・コストダウンを図ることを目的に行ったものである。

得られた結果を以下にまとめる。

(1) 万能型釘抜き装置の設計

①木材表面から突出し, 頭部が取れている釘に関しては釘の胴部をつかんで引き抜く方法が最適と考えられた。そこで, 動力によりペンチ状の把持部を開閉させる「つかみ機構」によって釘の胴部をつかむ方法について検討し, 装置を試作した。

②頭部は付いているが木材に完全に打ち込まれた釘に関しては小型のバールを加工したものをエアーツールに取り付けて, これを木材と釘の間に差し入れることによって頭部を木材表面から浮かせることができる工具を検討し, 試作した。

③木材に打ち込まれてなおかつ頭部が取れた釘に関しては②の工具によって, 短時間で「つかみ機構」の先端部が入り込める大きさに釘周辺の木部を削り取ることが可能であった。このため, 頭部が取れた釘でも深く入っていなければ「つかみ機構」でつかむことが可能であった。

④13年度までに試作した釘抜き装置を改良し, 「つかみ機構」を装着した万能型釘抜き装置を設計・試作した。実験の結果, 長さ100mmで頭部の無い釘をつかんで引き抜くことが可能であった。

(2) 釘抜き作業工程についての検討

市販の「スプリングバランス」を用いて釘抜き装置を作業台上方から吊すこと^{つる}によって, 作業者に釘抜き装置の重量負担を感じさせない機構とすることができた。更に上方のレール上を移動できる「トロリ」を取り付け, 作業台上での釘抜き作業の労力軽減を行うことが可能となった。

これらの結果, 釘頭を突出させるエアーツールと「つかみ機構」を装着した釘抜き装置により釘抜き工程のほとんどの部分を賄う事が出来た。このことにより, これまで人手と手工具に頼っていた釘抜き作業の労力軽減と高速化が期待できる。

1.2.6 木質廃棄物の再資源化を促進するリサイクルシステムの検討 Study of Recycling System to Promote Utilization of Waste Wood in Hokkaido

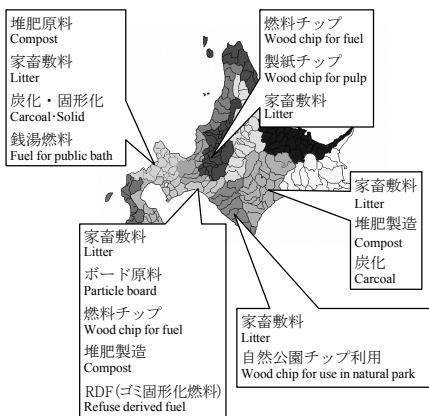
平成13～14年度
経営科，再生利用科

住宅解体木材をはじめとする木質廃棄物の再資源化をすすめるため、種類や品質に応じた再資源化用途を整理し、地域の産業特性や実情にあった再資源化の仕組みを提案すること、新たに必要な技術開発課題を明らかにすることを目的として、平成13年度より本研究に取り組んだ。14年度は地域調査を行うとともに、再利用を目的とした検討を行った。

(1) 地域実態調査

十勝，後志，空知，胆振，日高および石狩地域において木質廃棄物の発生状況，処理・再資源化実態などを調査した。このうち建設廃木材についての調査概要を以下に記す。「建設リサイクル法」の施行による相次ぐ破砕処理施設の建設と14年12月の焼却炉規制強化による道内焼却施設の半数弱の廃止または休止により、再資源化施設への搬入がすすんできている建設廃木材の主な再資源化用途は第1図のとおりである。

空知を除き家畜敷料への利用が最も多く、新規破砕業者の大半が敷料生産を目的としている。ただし販売先や品質を考慮していないため、破砕しても販売に至っていない業者も多い。また、処理業者の多い地域では競争が激しく、適正処理に必要な処理料金や厳しい分別基準では廃木材が確保できないこと、廃木材を確保



第1図 調査地域における主な用途

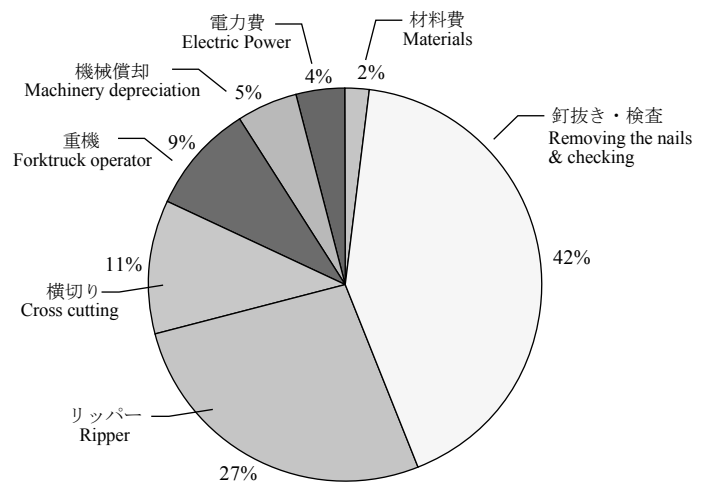
Fig.1. Main uses of waste wood in the each research area.

するため有償にする場合もあることが分かった。

(2) 再利用のための検討

札幌近郊から梁・柱材を中心に集めている中間処理業者において、梁材40本を無作為に選び、切り欠き・割れ・欠損・欠点状況を調査し、建設廃材として排出される梁材の状態を推定した。さらに28mm等厚，長さ30cm以上の原板歩留まりを求める採材プログラムを作成し、実際に梁材の一部について挽き材を行いプログラムの推定値との整合性について確認を行った。推定歩留まりは36%，平均材長95cmとなった。

これを基にコストを試算すると，ラミナの販売価格は3.6万円/m³となる(第2図)。かかるコストの42%は前処理(釘抜き，検査)による。合理的な釘等の除去，検出，あるいは釘等の除去を要しない加工法の開発が必要である。



第2図 コスト内訳
Fig.2. Details of cost.

(3) 当面の課題

適正な処理方法や用途についての必要かつ十分な情報の共有，分別解体状況の実態把握，とりわけCCA処理材等の防腐処理材，接着剤を使用した材についての解体現場での分別体制や品質検査のしくみなどの検討が早急に必要である。また，適正な処理業者の存続のためには，解体処理に必要なコストの各段階での公正な負担が必要である。

1.3.1 道産エンジニアードウッドの新たな利用技術の開発

Development of Technology for Utilizing Engineered Wood Using Timber Grown in Hokkaido

平成 14 ～ 15 年度 共同研究

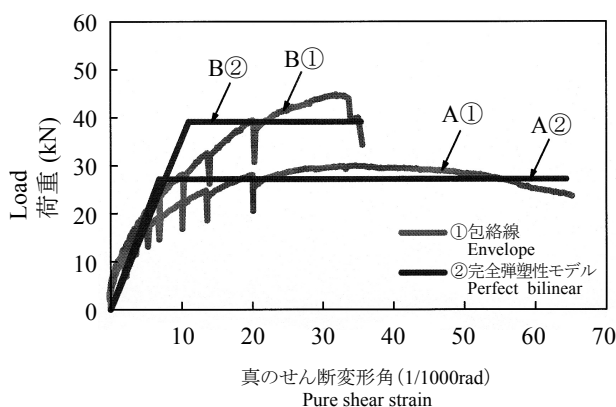
工藤主任研究員，加工科，構造性能科，接着塗装科，道立北方建築総合研究所

建築基準法の改正や品確法の施行により住宅部材に対する寸法安定性や剛性などの要求が厳しくなり，それらの性能に優れたエンジニアードウッド(EW)への関心が高まっており，新たな道産EWとして道産I形梁と異樹種複合集成材が期待されている。道産I形梁は，林産試験場と道立北方建築総合研究所がツーバイフォー住宅の床根太として開発したものであり，民間企業へ技術移転した現在は，他用途への利用が期待されている。また，異樹種複合集成材は，トドマツまたはカラマツのみでは製造困難であった高い強度等級の構造用集成材を，より剛性の高い樹種と複合積層することで製造可能にしようとするものである。

本研究では，道産EWの新たな利用技術の開発を目的とし，道産I形梁を新用途に利用するための施工技術の開発と構造性能の検証，異樹種複合集成材を実用化するための適正な製造条件の検討と諸性能の把握を行うこととした。14年度の研究成果を以下に示す。

(1) 道産I形梁の新たな用途開発

道産I形梁の新規用途を把握するため道内工務店にアンケート調査を行ったところ，在来構法床組および



第1図 床組せん断試験の荷重と変形角との関係

凡例) A: 床根太を床梁と同レベルに取り付けた床組，
B: 床根太を床梁から50mm下げて取り付けた床組

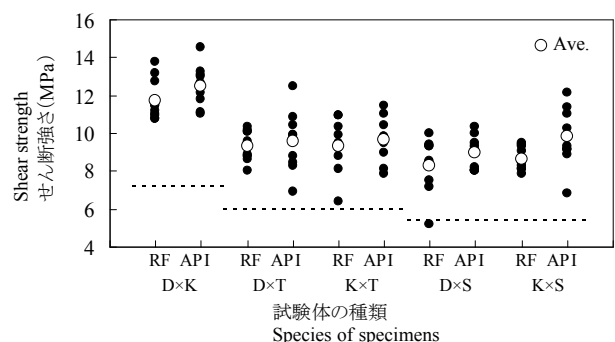
Fig.1. Relationship between load and pure shear strain in racking tests of floor framing.

Legend) A : Joists are attached to beams of framing at same level ;
B : Joists are attached to beams at 50mm lower level

屋根組，ツーバイフォー工法壁組などへの利用希望が得られた。14年度は，在来床組の施工方法を検討し，床梁(梁せい240mm)と床根太I形梁(梁せい235mm)の上端をそろえて12mm合板を釘打ちしたAタイプ，バリアフリー対応で床根太を50mm下げたBタイプの2種類についてタイロッド式の面内せん断試験を行った。試験体寸法は2.73×2.73m，試験体数は各3体とした。その結果の一例を第1図に示す。BタイプはAタイプよりも耐力は上回ったが靱性に乏しかった。試験結果から求めた床倍率はA=2.8，B=3.2となり，いずれも剛床として高い性能を持つことが確認された。

(2) 異樹種複合集成材の実用化

実際の集成材を想定した試験体(ラミナ厚30mm, 10ply)により接着性能試験を行った。使用樹種は，外層にはダフリカカラマツおよび高強度カラマツ，内層にはトドマツ，カラマツ，スギとした。接着剤は，水性高分子イソシアネート系接着剤(API)とレゾルシノール樹脂接着剤(RF)を用いた。接着性能評価としてはく離試験(浸せき，煮沸，減圧加圧処理)とブロックせん断試験を行った。せん断強さの結果の一部を第2図に示す。はく離およびせん断強さはいずれの組み合わせにおいても構造用集成材のJASにほぼ適合する性能を持つことが確認された。



第2図 異樹種間のせん断強さ

凡例) D: ダフリカカラマツ，K: カラマツ，T: トドマツ，
S: スギ，点線はJASの適合基準を示す

Fig.2. Shear strength between different wood species.

Legend) DF: *Larix dahurica*; K: *Larix leptolepis*; T: *Abies sachalinensis*; S: *Cryptomeria japonica*; Dotted lines show the standard of JAS

1.3.2 鋼板添え板接合工法の開発

Development of a Timber Joint Method Using Steel Side Plates

平成 14 ～ 15 年度
構造性能科

鋼板を添え板とする木質部材同士の接合は、添え板が製材や合板の場合に比べて許容耐力を25%増加させることが認められている。しかし、この耐力の増加は添え板の厚さが釘径または木ねじ径の0.4倍以上（例えば径2.87mmのCN50では約1.2mm）の場合にのみ適用されることとなっている。このため、通常は鋼板に先孔を空ける必要が生じ、また一般的なネイラー（釘打ち機）を使うことができないため、加工・施工の作業効率の低下が避けられない。

そこで、先孔を空けずに鋼板に釘打ちまたはねじ込みすることが可能となれば、合板の場合と同様に簡便な施工が可能となる。また、接合部が荷重を負担したときに側材である鋼板自体が変形するため、これまでの鋼板添え板接合よりも靱性に富んだ変形性能が予想され、耐震性が向上する可能性が考えられる。

本研究では、先孔を空けずに釘打ちなどの施工が可能となる鋼板厚さや接合具径・形状などの条件を選定し、実験によってその接合部耐力および耐力が有効に発揮できる接合部規模を把握し、破壊性状も含めて既往の鋼板添え板接合との性能比較を行って、その優位性を明らかにすることを目的とした。

平成14年度の研究内容は、施工可能な鋼板及び接合具の条件の選定とし、15年度は接合部耐力と破壊性状の把握および接合部規模について検討する。

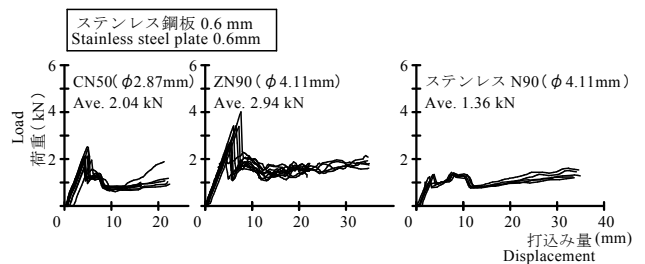
14年度の研究結果を以下に示す。

(1) ステンレス鋼板を側材として用いた場合、ハンマーを用いて先孔なしでCN釘およびZN釘を打ち込める厚さは0.6mmまでであり、それ以上の厚さの場合は釘が座屈し折れ曲がった。またCN90対応の釘打ち機を使用した場合は1.6mmの鋼板に釘打ちが可能であったが、3.2mmの鋼板では釘が跳ね返された。電動ドライバによるねじ込みは、木ねじでは不可能であったがドリルねじを使用した場合に可能であった。

(2) 釘の打込み試験の結果、鋼板に孔が空く荷重は釘径に比例した。釘の材質別にみると、貫通時の荷重は一般に使用されている鉄製のN釘、CN釘やZN釘よ

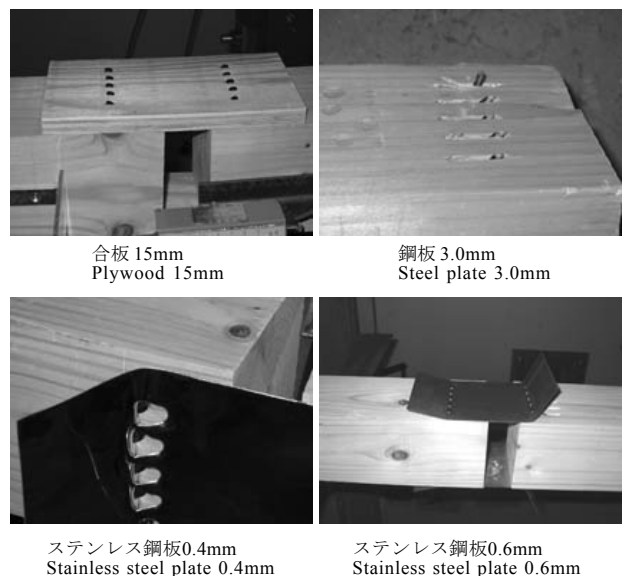
りもステンレス製のN釘の方が低かったが、釘先端の形状による影響が大きいと思われた。釘の打込み量と荷重との関係を第1図に示す。

(3) CN50釘を用いた接合部の引張試験の結果、鋼板厚さ0.5mm以下では釘頭が鋼板を突き抜け、厚さ3.0mmでは釘頭が破断するという脆性的な破壊形態であった。これに対して、厚さ0.6～1.0mmでは鋼板や釘頭が破断することなく、釘の引き抜けによる靱性の高い破壊性状が確認された。また試算した接合耐力は厚さ3.0mmの鋼板の場合が最も大きかったが、1mm以下の鋼板でも合板を上回る性能が得られた。破壊形態を第2図に示す。



第1図 打込み量と荷重との関係

Fig.1 Relationship between load and displacement.



第2図 釘接合部の破壊形態

Fig.2 Failure mode of nail joint.

I.3.3 表面化粧層が防火性能に及ぼす影響

Influence on the Fire Preventive Performance of a Surface Makeup Layer

平成13～14年度
防火性能科，接着塗装科

展示場や集会場など防火規制を受ける建築物には石こうボードやスレート，けい酸カルシウム板のような無機材料の表面に化粧材を積層した不燃材料が内装仕上げ材料として広く用いられている。化粧材には繊維，プラスチックなどとともに単板が利用されており，例えば，平成2年からの10年間に国土交通大臣の認定を受けた1,118件の不燃材料の約20%は単板を化粧材料として用いた防火材料であった。また，平成12年6月に発熱性試験に基づく新しい防火性能評価法が導入されて以降，木材を難燃剤で処理した内装防火材料の認定件数が顕著に増加している。それらの難燃処理木材は塗料で表面仕上げされるのが一般的であるが，塗料の発熱性や難燃剤の塗装に対する影響については不明な点が多い。そこで，単板および塗料の燃焼性を把握し，防火規制に合致する表面化粧方法についての技術資料を整理した。

13年度は発熱性の小さい塗料を検索するとともに，難燃剤の塗膜物性への影響を把握し，難燃処理木材に適した塗装条件を検討した。その結果，ウレタン樹脂の発熱量はクリアラッカーやアミノアルキッド樹脂の2倍近くになること，塗布量が50g/m²程度であれば発熱量は1MJ/m²以下であること，難燃処理木材の塗装には難燃剤の析出を抑えるために溶剤系造膜タイプが適していることがわかった。

14年度は単板および接着剤の発熱性を調べた。

(1) 単板の発熱性

質量および厚さの異なる天然木3樹種(シナノキ，カバ，ハリギリ)の単板の発熱量を測定した。その結果，最大発熱速度および合計発熱量とも樹種に関わらず単板質量に正比例した。接着剤や塗料からの発熱を考慮しない場合，使用できる単板質量の限界はおおよそ500g/m²である。

(2) 化粧単板用接着剤の発熱性

市販されている3種類の化粧単板用接着剤の発熱性を測定した。供試接着剤は合成ゴムラテックス樹脂・変性メラミン尿素樹脂混合，変性酢酸ビニル樹脂エマルジョンおよび水性高分子-イソシアネート系である。これらをアルミニウム板に100g/m²塗布し，コーンカロリー計で50kW/m²で加熱しながら燃焼させた。結果を第1表に示す。水性高分子-イソシアネートの合計発熱量，発熱速度が最も少なく，酢酸ビニルとラテックス・メラミン樹脂混合系はほぼ同程度であった。また，燃焼ガス中の一酸化炭素濃度は3接着剤とも同程度であった。

(3) 無機系材料を基材とする単板積層材料の燃焼特性

2種類の無機材料に厚さ0.25mmまたは0.5mmのシナ単板を接着した積層材料についてその発熱性を調べた。その結果，積層材料の合計発熱量は単板の発熱量+接着剤の発熱量でおおよそ推定できることがわかり，最も少ない場合でおおよそ3MJ/m²であった。

第1表 接着剤の発熱性

Table 1. Heat release property of adhesives.

接着剤	塗布量 (g/m ²)	着火時間 (s)	最大発熱速度 (kW/m ²)	合計発熱量 (MJ/m ²)	最大CO濃度 (ppm)
Adhesive	Glue spread	Ignition time	Maximum heat release rate	Total heat release	Maximum CO concentration
ラテックス・メラミン尿素	51	NI ¹⁾	12	0.8	7
Latex・melamine-urea formaldehyde resin	99	18	93	1.7	18
	147	16	154	2.9	25
酢酸ビニル	53	NI	8	0.2	1
Polyvinyl acetate resin	104	10	112	1.5	12
	157	12	205	2.5	36
水性高分子-イソシアネート	112	NI	7	0.7	25
Aqueous vinylpolymer solution-isocyanate resin	165	63	10	0.9	37

注)1) :着火しない

note) 1) :No ignition

I.3.4 高度の難燃性能を有する木質系防火材料の開発

Development of Wood-Based Material with High Fire Preventive Performance

平成14～15年度 林野庁補助事業
防火性能科，接着塗装科

平成10年の建築基準法の改正に伴い，防火材料の性能評価試験はコーンカロリー計装置を用いた発熱性試験に変わった。この法律改正以後，木材に難燃剤を注入した難燃処理木材は準不燃材料の認定を受けるものが増え，さらに不燃材料の認定を受けるものも出てきている。一方，難燃処理をした木材・木質材料の中で最も需要が多い難燃合板は，法律改正後もほとんどが難燃材料の認定にとどまっている。そこで，合板について発熱性試験に対応した準不燃化技術の開発を試みた。14年度は準不燃化技術の一つとして，難燃接着剤について検討した。難燃接着剤は，接着剤に難燃剤を混入することにより，加熱されると遮熱性能の高い発泡炭化層を形成し，下層の温度上昇，熱分解を抑制する。この難燃接着剤の接着剤および混入する難燃剤の種類を，難燃性能，接着性能，ホルムアルデヒドの放散量から選定を行った。

接着剤は，ユリア樹脂接着剤（UF）とメラミン樹脂接着剤（MF）の2種類を用いた。混入する難燃剤は，触媒剤，炭化材料，発泡剤の3成分からなり，試験に用いた難燃剤成分を第1表に，難燃剤成分の組合せを第2表に示す。なお，接着剤糊液の配合割合は，接着剤：水：塩化アンモニウム：触媒剤：炭化材料：発泡剤＝100：5：1：30：10：5とした。

難燃性能は，160×160×9mmのシナ合板の表面に難燃接着剤を390g/m²塗布した試験片を用い，ISO5657に準拠して着火性試験を行い，着火時間，重量減少率，形成した発泡層の高さにより評価した。接着性能およびホルムアルデヒド放散量は，同上の接着剤を用いて厚さ6mmのラワン合板（3ply）を作製し，普通合板のJASに基づいて試験ならびに評価を行った。

（1）難燃性能

UFでは触媒剤にAPPを用いたAD，AAが着火時間，重量減少率において優れていた。発泡高さでは，ADがAAより大きな値を示した。MFでは着火時間，重量減少率，発泡高さの全てにおいて，AD，AAが優れていた。

（2）接着性能

難燃接着剤の接着性能をJASに従い試験した結果，UFは難燃剤を混入すると十分な接着性能が得られなかった。MFはDD，DAでは硬化不良を生じたが，それ以外の難燃剤であれば混入しても十分な接着性能が得られることが分かった。

（3）ホルムアルデヒド放散量

十分な接着性能が認められた難燃接着剤（接着剤：MF，難燃剤：AD，AA，GD，GA）について測定を行った。その結果，APPを混入した接着剤では，MF単体よりもホルムアルデヒド放散量が大きく減少することが分かった。

以上の結果から，合板に使用する難燃接着剤は接着剤にMFを，混入する難燃剤にAD，AAを用いることが良いと考えられた。

第1表 難燃剤成分の種類

Table 1. Ingredients of fire retardant.

成分 Ingredient	記号 Symbol	名前 Compound
触媒剤 Catalyst	APP	ポリリン酸アンモニウム Ammonium polyphosphate
	GUP	リン酸グアニル尿素 Guanylurea phosphate
	DGP	リン酸二グアニジン Diguandine phosphate
炭化材料 Carbonific material	PER	ペンタエリスリトール Pentaerythritol
発泡剤 Blowing agent	DIC	ジシアノジアミド Dicyanodiamide
	AZO	アゾジカルボンアミド Azodicarbonamide

第2表 難燃剤成分の組合せ

Table 2. Combinations of fire retardant ingredients.

記号 Symbol	触媒剤 Catalyst	炭化材料 Carbonific material	発泡剤 Blowing agent
AD	APP	PER	DIC
AA	〃	〃	AZO
GD	GUP	〃	DIC
GA	〃	〃	AZO
DD	DGP	〃	DIC
DA	〃	〃	AZO

I.3.5 木造軸組工法による寒地仕様準耐火構造外壁の開発 Development of a Quasi-Fireproof Wood Frame Wall for Cold Districts

平成14～16年度 共同研究
防火性能科，道立北方建築総合研究所

建築基準法施行令に例示されている防火構造の仕様では、壁体内に充てんされている無機系断熱材の遮熱効果を外壁の防火性能の一部として評価している。北海道の住宅は施行令の例示仕様よりも高性能な断熱外壁が一般的で、それら外壁の防火性能を適正に評価すれば防火構造より1ランク上の準耐火構造として位置づけられる可能性がある。準耐火構造として認められれば、準防火地域における木造3階建住宅や木造共同住宅の建設が容易になるメリットが得られる。しかし、これまでに北海道の高断熱外壁を対象とした木造軸組工法の耐火性能に関する研究は行われていない。本研究は、寒冷地仕様の木造準耐火構造外壁を開発し、北海道の住宅の防火性能を向上させることを目指すものである。

平成14年度は、外装材に窯業系サイディング、内装材に石膏ボードを使用し、断熱材の種類および仕様が異なる大きさ120×120cmのパネル試験体を用いて、ISO 834で加熱したときの各構造体の遮熱性能を検討した。試験体は充てん断熱9体、充てん断熱+付加断熱4体、外張断熱7体の計20体である。断熱材にはグラスウール、ロックウール、ポリスチレンフォームを用いた。

試験体の仕様および温度上昇値を第1表に示す。準耐火構造の遮熱基準は非加熱面の温度上昇値が45分間で平均140度、最大180度を越えないことである。今年度検討した高断熱外壁の一部はその遮熱基準を満たすことが明らかになった。

第1表 試験体仕様と耐火試験結果

Table 1. Description of specimens and the results of fire endurance tests.

試験体番号 Specimen No.	仕様 Specification			耐火試験 Fire test		最高温度上昇値(度) Maximum temperature rise on the unexposed side (K)		
	充てん断熱材 Filling insulating materials inside the wall	外断熱材 External insulating materials	気密層 Air proof	加熱面 Heating side	加熱時間(分) Heating time (min.)	30分 30min.	45分 45min.	60分 60min.
1	なし Non	なし Non	P.E.	室内加熱 In side	50	85	365	—
2	G.W. 16K 100mm	↑	↑	↑	↑	56	105	—
3	↑	↑	↑	↑	↑	48	91	—
4	↑	↑	↑	↑	↑	78	385	—
5	↑	↑	↑	↑	45	43	62	—
6	G.W. 16K 100mm	なし Non	P.E.	室外加熱 Out side	60	51	80	91
7	↑	↑	↑	↑	↑	53	76	85
8	↑	↑	P.W.	↑	↑	32	46	66
9	G.W. 24K 100mm	↑	P.E.	↑	↑	45	73	80
10	G.W. 16K 100mm	G.W. 32K 25mm	P.W.+P.E.	室外加熱 Out side	60	10	27	47
11	↑	P.S. 25mm	P.E.	↑	↑	55	77	89
12	↑	↑	P.W.+P.E.	↑	↑	30	66	78
13	↑	P.S. 50mm	P.E.	↑	↑	42	77	85
14	なし Non	P.S. 45mm	P.E.	室内加熱 In side	45	107	387	—
15	↑	↑	P.W.	↑	↑	5	75	—
16	↑	↑	↑	↑	↑	217	483	—
17	なし Non	G.W. 32K 50mm	P.E.	室外加熱 Out side	50	50	70	—
18	↑	R.W. 40K 55mm	↑	↑	↑	48	68	—
19	↑	P.S. 45mm	↑	↑	↑	76	106	—
20	↑	P.S. 75mm	↑	↑	↑	77	105	—

注1) 内装材：石膏ボード；NO.4, NO.16：9.5mm；NO.5：15mm；それ以外：12.5mm

注2) P.E.：ポリエチレンシート0.2mm；G.W.：グラスウール；P.S.：押出法ポリスチレンフォーム；R.W.：ロックウール；P.W.：構造用合板12mm

Note1) Interior material：Gypsum board；NO.4, NO.16：9.5mm；NO.5：15mm；others：12.5mm

Note2) P.E.：polyethylene sheet 0.2mm；G.W.：Glass fiber insulation；P.S.：polystyrene foam；R.W.：Rock fiber insulation；P.W.：Plywood 12mm

I.3.7 分子生物学的手法を用いた腐朽判定技術の開発 Studies on Genetic Identification of Decay Fungi Using DNA Analysis

平成 14 ～ 15 年度

耐朽性能科，品種開発科，生産技術科

北海道において、住宅を構成する部材の劣化は主に木材腐朽菌によって引き起こされている。腐朽による被害を最小限にとどめるためには、木材腐朽菌の発生を初期段階で把握した上で、部材に強度低下が生じる前に適切な対策を講じる必要がある。

本研究では住宅部材に発生した木材腐朽菌を DNA レベルで迅速に検出、同定するために、代表的な木材腐朽菌であるナミダタケとイドタケをモデルとしてポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) 法を用いた分析を試み、腐朽判定・劣化診断技術としての応用について検討を行った。

(1) DNA 抽出条件の検討

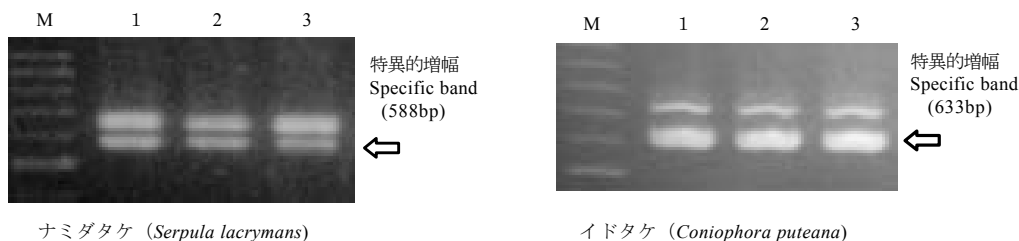
液体培養した木材腐朽菌の凍結乾燥菌糸、寒天平板培地から直接掻き取った菌糸を試料として①SDS-フェノール法、②簡易法 (①を簡略化)、③ボイル法を用いてPCRの鋳型となるDNAの抽出を行った。各抽出法によって得られた鋳型DNAを用い、リボソームDNA (rDNA) のInternal transcribed spacer (ITS) 領域のPCR増幅を試みたところ、ボイル法で得られた鋳型DNAについては安定した結果が観察されなかったが、SDS-フェノール法および簡易法で得られた鋳型DNAでは再現性のある安定した増幅が確認された。

(2) 木材に侵入した木材腐朽菌の同定

分離培養を経ずに、腐朽木材から直接抽出した木材腐朽菌のDNAを鋳型としてPCR分析を行うことがで

ければ、木材腐朽菌の迅速な検出、同定が可能となる。しかし、木材の共存下でDNAを抽出した場合、木材由来成分や分解生成物などがPCR反応に影響を及ぼす可能性が考えられる。そこで、ナミダタケおよびイドタケの菌糸試料に対してベイツガ、エゾマツ、トドマツ、カラマツの各心材木粉 (粒径5mm以下) を一定の重量比で混合した試料、およびナミダタケおよびイドタケによって実験的に腐朽させたトドマツ辺材および心材の試料 (1×20×40mm) から鋳型DNAを抽出し、PCRによる増幅が可能であるか検討した。

その結果、ベイツガ、エゾマツ、トドマツの心材木粉については重量比10,000倍の混合条件においても菌糸のみの試料から抽出した鋳型DNA同様、供試菌に特異的なDNAの増幅が確認された。しかしカラマツ心材木粉の重量比10,000倍の混合条件については増幅が観察されない事例も認められたため、DNA抽出法、PCR条件等に関して今後、さらなる検討が必要と考えられる。また、供試菌によって実験的に腐朽させたトドマツ辺材および心材板より抽出した鋳型DNAに関しては、どちらの鋳型DNAからも供試菌に特異的な増幅が観察されたため、PCR分析により腐朽木材からナミダタケおよびイドタケを実験的に検出・同定できることが確認された (第1図)。現在は実際に腐朽被害を受けた住宅部材 (土台、大引) から採取した菌糸と木材試料について分析を継続中である。



第1図 菌糸および実験的に腐朽させた木材から抽出したDNAのPCR増幅

凡例) M: 分子量マーカー, 1: 培養菌糸, 2: トドマツ腐朽辺材, 3: トドマツ腐朽心材

Fig. 1. Amplified DNA fragments obtained from the mycelium and the decayed wood (*Abies sachalinensis*).

Legend) M: Size marker; 1: Mycelium; 2: Decayed sapwood; 3: Decayed heartwood

1.3.10 導電性物質を用いた発熱合板および発熱複合パネルの開発 Development of Heating Plywood and Heating Composite Panels Using Electro-Conductive Compounds

平成14年度 民間共同研究
合板科, 高谷主任研究員, 北海道合板(株)

近年の住宅着工件数の減少や、東南アジアや中国などからの安価な輸入合板の攻勢により、国内の合板工業をはじめとする木材工業の状況は悪化する一方である。その打開策として、木材製品の高付加価値化というのは重要な方法のひとつである。平成13年度の共同研究「導電性を有する木質系高分子を利用した発熱合板の開発」の成果として、合板および複合パネルの接着剤中にカーボンやグラファイトなどの導電性物質を混入し、通電することにより接着層を発熱させることが可能であることを見いだした。この方法で製造した材料は、低コストで、パネルヒーターや床暖房等に活用できると考えられる。これらが実用化できれば、全国的に需要が見込まれるため、合板工業の競争力や技術力の向上に寄与するものと考えられる。

14年度は、実用化に向けた、発熱合板および発熱複合パネルの発熱特性、特に、発熱試験時の発熱ムラの低減、長期間使用した場合の発熱性能の経時的変化、および凍結、融解などの温度変化を与えた場合の発熱性能の安定性について検討した。また、このような発熱合板は、電気製品として、電気用品安全法などの適用を受ける可能性があるため、絶縁性能や電圧を下げるなどの方法について検討した。

(1) 発熱時における発熱ムラの低減方法の検討

発熱ムラについては、適度の水分を加え接着剤の粘度を調整することにより、発熱性能を損なうこと無しに、発熱ムらを低減することが可能となった。また、台板合板や表面単板の平滑性も大きな影響を与えることが確認された。ただし、発熱合板の寸法が発熱ムらに大きな影響を与えることが認められ、この点については、塗布方法を含め、さらなる検討が必要である。

(2) 長期的安定性に関する検討

発熱温度を約40℃になるように制御して、1日8時

間連続して通電し、それを約3か月繰り返した。その結果、通算の通電時間が長くなればなるほど、発熱合板の電気抵抗率が小さくなることが判明した。また、電気抵抗率の低下の割合は、徐々に小さくなり、最終的には一定の値に近づく傾向が見られた。それでも、通電10,000時間後の電気抵抗率の予測値は、初期の電気抵抗率の約70%になるため、この予測値をふまえ、長期的な電気抵抗率の変化を小さくする必要があると考えられる。

(3) 凍結・融解繰り返し時の発熱特性の影響

-20℃と+60℃の範囲で、発熱合板の加熱および冷却を繰り返したのちの電気抵抗率の変動を測定した。その結果、顕著な電気抵抗率の変動は認められなかった。発熱合板の電気抵抗率は、このような温度環境の変動には安定していると考えられる。なお、フェノール樹脂接着剤を用いると電気抵抗率の変動は小さくなる傾向が見られた。

(4) 電気用品安全法に適合させるための検討

電気用品安全法では、使用する電圧が交流で30V以下であると、絶縁性能等の規定を満たす必要がないことから、まず、低電圧仕様の発熱合板の製造を検討した。カーボンおよびグラファイトの配合等を再検討し、低電圧でも必要な発熱性能を有する発熱合板が製造可能であることを確認した。その結果をふまえて試作品を製造する予定である。なお、電圧を下げて発熱性を維持するためには大容量のトランスが必要となることが予想され、特に小型製品のデザイン性が問題となる可能性がある。また、製造コストも高くなるため、今後の製品化に向けては、100Vで使用可能にするために、絶縁シート等を用いた絶縁方法の検討等が必要であると考えられる。

I.3.11 道産木材を用いたルーバーの開発 Development of a Louver Using Timber Grown in Hokkaido

平成14年度
機械科，加工科，防火性能科，金森主任研究員

住宅のエネルギー節減とともに居住快適性を向上させるため、平成11年に住宅の省エネルギー基準が改正され、12年に住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）に基づく住宅性能表示制度が施行された。これまでは冬暖かく、夏涼しい住まいづくりのために大量のエネルギーを消費してきたが、今後は住宅の断熱性能と気密性能を高め、夏期には開口部から室内に侵入する日射熱を遮へいし、冬期には逆に日射熱を取り込んで省エネルギー効果を高めることで、住宅性能表示制度における温熱環境の改善が求められている。

開口部のうち、窓の日射遮へい対策としては、窓自体の遮熱性能を高める方法、窓の室内側にレースのカーテンやブラインドを付加する方法（室内型）、窓の室外側にルーバーやオーニングを付加する方法（室外型）があり、これらの中で日射遮へい効果の最も高いのは室外型と言われている。近年、室外型として「夜は雨戸、日中はブラインドの機能を持たせた外付けブラインド（ルーバー）」がいくつか商品化されている。しかし、これらはいずれも羽根板（フィンあるいはスラット）がアルミ合金製であるため、ログハウス、木製のサッシやシャッターを取り付けた住宅、福祉施設などでは木の良さを活かした製品化が期待されている。

そこで、本研究では、市販アルミ合金製ルーバーのように、角度調整や開閉操作が可能な羽根板に北海道産木材を用いたルーバーの製品開発を目的としている。14年度は、ルーバーの事例調査、木製羽根板の試作などを行った。

ルーバーの事例調査の結果、羽根板にカラマツ、スギおよびボンゴシなどを用いたものは一般住宅や公共建築物等に見られるが、これらはいずれも羽根板の角度調整などができないもので、日射遮へいよりも修景やプライバシー保護に主眼を置いたものであった。市販アルミ合金製ルーバーはシャッター式雨戸よりも高価であるが、採光や通風の調整が容易なことなどから年々需要が増えてきており、年間生産量は集合住宅やビルも含めると2万セットを超えている。

木製羽根板はエゾマツ集成材の断面を凸状に削ったものを試作した。これは、軽量なエゾマツ材を集成化することによって寸法安定性を高め、かつ凸状に削ることによって収納容積の省スペースと長大化に伴う剛性の確保を期待したものである。試作した羽根板は市販アルミ合金製ルーバーの躯体にセットし、角度調整や開閉操作に伴う問題点を検討した（第1図）。

この結果、有効開口幅60cmの躯体では見られなかったが、同200cmの躯体では羽根板の重ね合わせ部分にすき間が生じた。これは、羽根板の材長が大きくなると、通直な部材が得られにくく、しかも剛性が不足するためと考えられる。この対策の一つとして、エゾマツ集成材とアルミ形板を組み合わせた羽根板を数種類試作し、それらの寸法変化を屋外暴露試験によって調査中である。



第1図 木製羽根板によるルーバー
Fig.1. Louver with wooden fins.

なお、本研究課題の実施期間は15年度までの計画であったが、次年度からは民間企業との2か年間の共同研究に移行の予定である。

1.5.1 木製屋外遊具・ログハウスの維持管理技術開発

Development of Maintenance Manual for Wood Outdoor Playing Structure and Log House

平成12～14年度
高谷主任研究員，加工科，耐朽性能科

北海道における冬場の公園利用を高めようという目的で、昭和60年頃に多くの木製屋外遊具が設置された。しかし、メンテナンス費用がかかるという理由で、金属製の遊具に置き換えられている例が多い。今後とも木製遊具が利用されていくためには、適正な維持管理技術の開発が必要である。本研究は、木製屋外遊具やログハウスの適正な維持管理技術を提案するため、昭和63年に設置した林産試験場内の屋外木製遊具(第1図)とログハウス(第2図)を用いて検証した。なお、両者とも木材保護着色剤を塗装してある。

平成12年度は木製屋外遊具の劣化状況を調べたが、接地部、組合せのための切欠き部分、頭頂部、横架部材の上面に著しい腐朽が認められた。しかし、ハシゴ部と床部には著しい腐朽は認められなかった。

13年度は木製屋外遊具とログハウスの劣化状況を調べた。木製屋外遊具は12年度に著しい腐朽があった部分と同様の箇所に新たな腐朽が認められた。

ログハウスは、周囲に回廊を設けてあるが、一部屋根の無い部分があり、この場所の柱に著しい腐朽が認められた。これは柱の頭頂部から侵入した雨水が原因の腐朽と考えられた。

14年度は、引き続き木製屋外遊具の劣化状況を調査し、以下の結果が得られた。

(1)これまでの結果と同様に、組合せのための切欠き部分、頭頂部、横架部材の上面の腐朽が著しかった。
(2)腐朽の著しい部材を含む部分を解体し、各部材の腐朽程度を目視で測定した結果、被害度は0～5の範囲にわたり、平均は2.1であった。

一方、ピロティン打ち込み深さにより測定した結果は12.0～23.25mmの範囲であった。

(3)これまでは比較的腐朽の小さかったハシゴ部の踏み板の腐朽も進み、特にボルトで側板に固定するための穴の部分の腐朽が著しかった。

また、この踏み板を固定していたボルトの腐食も甚



第1図 木製屋外遊具

Fig.1. Wood outdoor playing structure.



第2図 ログハウス

Fig.2. Log house.

だしく、直径10mmのボルトが細い部分は7mmになっていた。

以上3年間の調査結果をみると、頭頂部、穴をあけた部分などの木口面が現れて雨水が浸透しやすい部分、組合せのための切欠き部分、横架材の上面など水切りの悪い部分、あるいは接地部分の腐朽が著しいことが判る。したがって、これらの部分には、木材保護着色剤を塗り重ねるなど、特に丁寧に防水対策を施す必要がある。これ以外の縦使いの部材、あるいは直接雨水があたらない箇所は15年経過後もほとんど腐朽は認められなかった。

1.5.2 間伐材等を利用した土木構造物の仕様基準の開発 Development of Remaining Strength Estimation for Erosion Control Structures Made with Thinning Wood

平成13～15年度

森泉主任研究員，耐朽性能科，構造性能科，材質科，竹花主任林業専門技術員

健全で多面的な機能を発揮する森林の育成のために、間伐材の有効利用は急務となっている。一方、自然環境に負荷の少ない材料として木材が注目されてきており、治山施設などにおける土木資材としての用途に期待が寄せられている。しかし、それらの用途における木材の耐朽性に関する資料は少ない。間伐材の供給・利用やそれら構造物の補修・更新を計画する上でも、土木構造物としての耐久性・耐用年数を予測し、汎用性を与えるとともに用途の拡大につなげる必要がある。

本研究の目的は、カラマツなどの間伐材を用いた土木構造物において、部材の劣化状況の経時変化、および残存強度の経時変化を予測することにより、木製土木構造物の耐久性に関する仕様基準を明確にすることにある。

平成13年度は、腐朽による劣化の経時変化を把握するために、国内各地で実施された野外暴露試験結果の整理、および既存の木製土木構造物の腐朽調査を実施した。また、劣化状況と残存強度の関係を把握するためにステーク試験（野外および室内）を開始した。

14年度は、木製土木構造物の腐朽調査およびステーク試験を継続して実施し、またこれらによって得られた結果から、構造物として利用されている部材の残存強度の経時変化を推定した。それぞれの結果を以下に記した。

(1) 13～14年度にかけて、道内12地域（38地点）、100体の土木構造物（土留工、柵工など）において、部材として使用されているカラマツ丸太（直径10～15cm）の腐朽調査を行い、腐朽による劣化の経時変化を把握した。また、従来方法である目視による被害度から判断した無処理の地際部材の耐用年数はおよそ8年程度、その際のピロディン打ち込み深さ（Pe）は約30mm程度であると予想された。

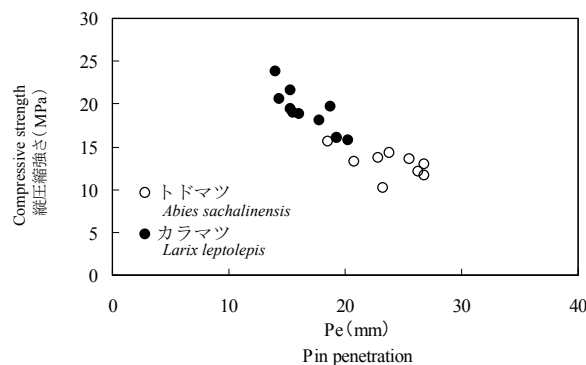
(2) 既設の木製土木構造物における縦（垂直）部材の地際部分において、打撃音の時間一周波数分析による腐朽被害評価を検討した結果、複数の打撃音の周波数

成分を評価することにより腐朽の状態を推定できる可能性が示された。目視など他の被害評価法と組み合わせることにより、腐朽被害評価の精度が向上すると考えられる。

(3) 杭材および円柱丸太材を用いた野外ステーク試験では、試験体を設置してから1年しか経過していないため、いずれの試験体もほとんど腐朽は認められなかったが、表面の風化は進んでいた。円柱丸太試験体において、Peと縦圧縮強さの関係を見たところ強い相関が見られ（第1図）、Peによって縦圧縮強さの推定が可能であることが示唆された。

(4) 室内ステーク試験を検討した結果、野外に比べて腐朽が促進され、促進効果（腐朽速度）は約8～10倍程度であると考えられる。また、被害度、質量減少率、含水率、注入率および密度などで、試験体の残存強度を推定できる可能性が示された。

(5) 木製土木構造物の腐朽調査および別途実施した野外暴露試験に用いたカラマツ丸太の強度試験結果から、経過年数と曲げ強さ残存率の関係を求めたが、目視による被害度評価により耐用限度と判断される8年経過の時点での曲げ強さ残存率は約50%と推定された。一方、加圧注入処理材の場合は10年を経過しても平均で80%以上の曲げ強さ残存率を示すと考えられた。



第1図 ピロディン打ち込み深さ（Pe）と縦圧縮強さの関係

Fig. 1. Relation between pin penetration (Pe) and compressive strength.

1.5.3 アカエゾマツ人工林材の材質評価

Wood Qualities of Plantation-Grown Akaezomatsu (*Picea glehnii*)

平成13～14年度
材質科，製材乾燥科

アカエゾマツ人工林は間伐時期を迎えつつあり，間伐材の出材の増加が予想される。しかし，小径のアカエゾマツ人工林材を製材品として利用する場合，狂いの発生等が問題となっている。本研究ではアカエゾマツ間伐材の用途としてツーバイフォー材，および心持ち正角材を想定し，狂いを抑制する乾燥条件についての検討，ならびに強度性能の評価を行った。さらに，アカエゾマツ人工林材の用途開発に向け，その特性を把握することを目的として基礎材質試験を行った。

13年度は28年生と33年生の津別町産材，および40年生と52年生の厚岸町産材を用いて一連の試験を行った。14年度は供試材として美深町産の38年生，径級16～26cmのアカエゾマツ人工林材を用いた。試験の内容は13年度と同様であるため，13年度分も併せた結果を報告する。

(1) 乾燥試験

ツーバイフォー材では初期蒸煮温度，圧縮圧力，乾燥温度を変えた中温の6条件，および熱板による7条件で人工乾燥を行った。心持ち正角材では高温の4条件で人工乾燥を行った。圧縮を行ったものを行っていないものの狂いを比較すると，圧縮による狂いの低減効果は顕著であった。しかし，心持ちのツーバイフォー材では圧縮圧力が大きな条件においても，ねじれが等級決定要因となるケースがあった。このため，蒸気式乾燥では心持ちのツーバイフォー材のねじれを使用上問題とならない程度に抑制することは困難であると考えられたことから，熱板乾燥について検討した。その結果，熱板乾燥のみでは解圧直後のねじれ発生が大きいものの，熱板乾燥後に冷圧期間を設けることで，ある程度ねじれを抑制できることが分かった。また，大きな貫通割れを持ち，これが等級決定要因となるものもあったが，貫通割れのほとんどは生材状態で確認されていたものであり，乾燥に伴い生じた割れはほとんどが軽微なものであった。

(2) 強度性能評価

強度性能の評価として曲げ強度試験を行った。なお，

乾燥条件による強度の差は小さかったことから，乾燥条件別とはせず，一括して取り扱った。ツーバイフォー材では，2級以上の出現率は93%で，その曲げ強さの下限値は26.6N/mm²であった。この値はS-P-F甲種2級の基準曲げ強度よりも大きなものであった。心持ち正角材について曲げヤング係数による機械等級区分を適用した場合，E70，E90，E110の出現率はそれぞれ15，59，23%であった。曲げ強さの下限値はそれぞれ19.1，29.9，34.4N/mm²で，その機械等級に対応するエゾマツ・トドマツの基準曲げ強度よりも大きな値が得られた。

(3) 基礎材質評価

基礎材質試験として軟X線年輪解析，無欠点小試験体の強度試験（曲げ，縦圧縮，せん断）を行った。

軟X線年輪解析での平均年輪幅は厚岸町産材が2.6mmで美深町産材が3.6mmであった。平均密度は厚岸町産材が0.40g/cm³で美深町産材が0.41g/cm³であった。晩材率はともに14%台であった。早材密度，晩材密度などの値も総合すると，トドマツ人工林材とほぼ同じ値であった。

曲げ試験の結果は津別町産材の曲げ強さと曲げヤング係数が51.0N/mm²と6.7kN/mm²で，これらの値は他の2地域（厚岸町産材63.3N/mm²と8.0kN/mm²，美深町産材64.1N/mm²と8.1kN/mm²）よりも小さかった。その理由として，津別町産材は若齢であり，未成熟材部の占める割合が大きいこと，年輪幅が4.7mmと大きいことなどが考えられる。縦圧縮強さは35.3～36.6N/mm²で3地域とも差がなく，密度相当の値であった。せん断強さは3地域とも値は大きく，接線方向で9.5～11.2N/mm²，半径方向で8.1～10.6N/mm²であった。無欠点小試験体の強度試験結果を総合すると，曲げ強さと曲げヤング係数はトドマツ人工林材と同等で，縦圧縮強さとせん断強さはエゾマツ材とほぼ同じ値であった。

I.5.4 スギ育種種苗の品質向上を目指した材質検定 Test of Wood Qualities for Improvement in Breeding Nursery of Sugi(*Cryptomeria japonica*)

平成 13 ～ 14 年度
材質科

北海道におけるスギ育種種苗の普及率は毎年ほぼ 100%となっており、この種子の大半が渡島西部森づくりセンターの大沢採種園から供給されている。この採種園は精英樹 63 クローンで構成されている。本研究は、スギ育種種苗の材質の向上を目的として、このうち 53 クローンの材質検定を行い、採種園全体の材質の変異を把握し、基準値未満の不良クローンを除去することを検討した。採種園の材質での改良を加えることは、道南スギの品質向上および産地形成に向けた第一歩となる。

試験項目は生材含水率、心材色、繊維傾斜度、X線年輪解析、JISによる曲げ試験である。クローンを要因とした分散分析の結果、繊維傾斜度やX線年輪解析での晩材密度など、一部の形質を除けば、クローン間差が認められた。結果の概要は以下のとおりである。

生材含水率

生材含水率は、心材がクローン平均で 131% (75 ～ 197%) で、辺材は 245% (182 ～ 312%) であった。これらの値は、スギの標準的な値¹⁾ (心材で 136.8%、辺材で 230.2%) と大きく異なるものではなかった。過去に調査した道南支場植栽の同一のクローンで比較すると、本試験での心材含水率は平均で 45% 大きく、植栽地が異なれば心材含水率は変動する事が確認された。

心材色

心材色は、L* が 64.8 (58.4 ～ 72.0) であり、a* は 9.9 (6.5 ～ 13.4)、b* は 21.7 (19.1 ～ 25.4) であった。これらの値は、スギの標準的な値¹⁾ (L*62.1, a*11.9, b*20.0) と大きく異なるものではないが、L*の小さいものが黒心材に近いことから、L*が 60 未満のクローンを排除する候補木と考える。

繊維傾斜度

繊維傾斜度は全体的に小さく、平均繊維傾斜度で 2.7%、最大繊維傾斜度が 6.0% であった。分散分析の結果でもクローン間差は認められなかったことに加え、

繊維傾斜度が小さいことから、材の利用上問題はなく、選抜の不要な形質であると確認された。

X線年輪解析

X線年輪解析は、密度や年輪幅を年輪ごとに得ることができる。スギの密度は樹心部で大きく、外側で小さいことは良く知られているが、樹心部に近い 10 年輪以内 (内側) と 11 年輪以降 (外側) の平均密度ではともにクローン間差が認められた。内側の密度はクローン平均で 0.40g/cm³ で、外側は 0.33g/cm³ であった。

JISの曲げ試験

曲げ強さ (MOR) のクローン平均は 50.0MPa (40.5 ～ 67.7MPa) であり、樹心付近と外側では差が見られなかった。曲げヤング係数 (MOE) のクローン平均は 4.7GPa (3.6 ～ 6.4GPa) で、樹心部が 3.8GPa で外側が 5.3GPa であった。これらの結果は、スギの標準的な値¹⁾ (MOR が 56.2MPa で MOE が 5.6GPa) より若干小さく、特に MOE での選抜が必要であると判断された。

以上の結果を総括すると、この採種園で材質での改善の必要性のある形質は MOE が最優先であり、他形質の、MOR、材色や含水率はそれに次ぐものとする。また、繊維傾斜度での選抜は不要と判断できる。

現在、当採種園は樹齢が 40 年生で、大径化し、樹形誘導、施肥などの経費がかさむことから、更新を考える時期となっている。現在と同様の採種園を更新する場合、40 以上の精英樹クローンでの構成が望ましい。しかし、MOE で上位 40 クローンをを用いた場合、次世代の MOE の改良率は 1.9% と推定され、十分な改良効果は得られない。したがって、ヤング係数の大きいクローンを再選抜し、採種園に導入するか、あるいは従来の集団選抜育種とは異なる、少ないクローン数でのミニチュア採種園やバイクロナル採種園といった新たな手法の導入も考える必要がある。

引用文献

1) 平川泰彦ほか 3 名: 森林総研研報, **386**, 31-41 (2003).

I.5.5 優良ハイブリッドカラマツの選抜および用途適正評価 Selection of Superior Hybrid Larch and Evaluation of its Utilization

平成14年度
材質科

ハイブリッドカラマツであるグイマツ雑種F₁ (以下グイマツF₁) は、初期成長が良好で耐そ性に優れている等の特性をもつことが明らかにされており、その種子の需要は急増している。現在、道立林業試験場では、植栽から保育の過程におけるコストを低減する育林システムの開発が検討されているが、グイマツF₁はその対象樹種として期待されている。本課題は、多用途に適応可能で高品質な材を低コストで安定供給できる木材生産技術を確認するための基礎資料を得ることを目的として行った。

材料は、美唄市光珠内にあるグイマツ雑種次代検定林 (林齢23年) より採取した。供試個体は21家系125個体とし、密度、強度、繊維傾斜度および心材色について試験を行った。

試験結果の概要を第1表に示す。密度および強度の値は、既往のカラマツのデータ^{1,2)}と比較して大きかった。各形質の変動は、繊維傾斜度を除きいずれも小さく、変動係数で1～15%であった。家系を要因として分散分析を行った結果、密度、強度 (曲げ強さ) および心材色 (b*) で有意差が認められた。しかし、繊維傾斜度については、有意な家系間差は認められなかった。各形質と成長量 (胸高直径) との関係を調べた結果、いずれの形質も成長量と明確な相関関係を示さなかった。したがって、成長・形質がともによい優良家系の選抜が可能と考えられた。

参考資料

- 1) 安久津久ほか4名：林産試験場報7 (6) , 6-15 (1993) .
- 2) 安久津久：林産試験場報10 (2) , 1-8 (1996) .

第1表 グイマツ F₁ の材質試験結果
Table 1. Basic statistics of several wood traits of hybrid larch.

	胸高直径 Diameter at breast height (cm)	密度 Density (g/cm ³)	静的曲げ Static bending		繊維傾斜度 Slope of grain		心材色 Color of heartwood		
			曲げ強さ Modulus of rupture (MPa)	曲げヤング 係数 Modulus of elasticity (GPa)	平均繊維 傾斜度 Mean slope of grain (%)	最大繊維 傾斜度 Maximum slope of grain (%)	a*	b*	L*
最大値 Maximum value	26.0	0.64	110.8	12.92	10.4	16.5	9.4	29.6	82.6
最小値 Minimum value	11.6	0.45	47.2	4.79	1.8	4.6	3.5	22.5	73.2
平均値 Average value	18.9	0.55	74.2	8.80	4.6	9.1	6.4	25.7	78.0
標準偏差 Standard deviation	2.7	0.04	10.5	1.42	1.8	2.5	1.1	1.4	1.8
変動係数 Coefficient of variation	14.0	7.2	14.2	16.2	39.6	27.2	16.9	5.6	2.4
カラマツ 注) <i>L. leptolepis</i> Note)		0.45	56.9	6.18	1.5	6.4			
		0.48	60.8	6.47	8.3	11.9			

注) データは過去の報告から引用した^{1,2)}。
Note) Data from previous reports^{1,2)}.

1.5.7 様々な使用環境下における道産 I 形梁の性能評価

Evaluation of Performance of I-Beams Made in Hokkaido in Various Use Environments

平成 14 年度 民間受託研究

加工科, 構造性能科, 材質科, 工藤主任研究員, 久保木工 (株)

林産試験場と道立北方建築総合研究所が開発した道産 I 形梁は、久保木工 (株) へと技術移転され、実用ラインにおける生産体制が確立された。十分な強度性能と寸法安定性、良好な施工性を持つ道産 I 形梁は、新たな道産エンジニアードウッドとして今後の普及が期待されているが、平成 12 年の建築基準法改正により、主要構造部に使用する建築材料は、建設省告示第 1446 号に基づいて様々な使用環境下における性能を求め、大臣認定を取得しなければならなくなった。しかし、具体的な試験方法が明らかでなく、試験項目も膨大であるため、改正後に木質系材料で認定を取得した事例はない。

本研究では、建築材料として要求される諸性能を求めるための具体的手法を確立するとともに、工場生産された道産 I 形梁の諸性能を明らかにすることを目的とした。研究成果を以下に示す。

(1) 告示で要求された試験項目について調査および検討を行い、実施可能な試験および評価方法を確立した。

(2) 曲げ試験 (試験スパン: 3,800 ~ 4,200mm, 3 等分点 2 点荷重), せん断試験 (試験スパン: 1,200mm, 中央集中荷重), めり込み試験 (試験体長さ: 512 ~ 558mm) を行い、最大曲げモーメント, 最大せん断力, 部分圧縮力については統計的下限值, 真の曲げ剛性, せん断剛性については統計的平均値を基準値として求めた。道産 I 形梁は梁幅によって 3 タイプあり、試験体数は各 58 体とした。その結果を第 1 表に示す。

(3) 含水率の調整係数 (20°C RH65% から 85% への吸湿処理による低下率), 事故的水掛かりを考慮した調整係数 (72 時間の浸せき処理による低下率), 防腐処理の調整係数 (防腐剤の塗布処理による低下率) を求めるため、10 組の処理材と未処理材について各力学特性値の比較を行った。処理剤の未処理材に対する平均値の比を調整係数として求め、3 タイプの最小値を代表値として第 2 表に示す。

(4) 曲げクリープ試験 (試験スパン: 3,800mm, 3 等分点 2 点荷重, 応力レベル: 0.33, 試験日数: 35 日, 試験体数: 3 タイプ各 3 体) を行い、クリープ変形係数を求めた。50 年後のクリープ変形増大係数は、平均で 2.0 となり、一般的な製材の値とほぼ同等であった。

(5) 接着耐久性の強さの残存率 (煮沸処理または減圧加圧処理を各 2 サイクル行ったときの低下率) を求めるため、10 組の処理材と未処理材についてせん断力の比較を行った。処理材の未処理材に対する平均値の比を残存率として求めたところ、いずれの残存率も 0.5 以上であり基準を満たした。

(6) 荷重継続時間の調整係数を求めるため、長期荷重破壊試験 (応力レベル: 0.7 ~ 0.9, 試験体数: 3 タイプ各 10 体) を行い、破壊に達する時間を測定した。一部の試験体が未破壊のため、試験を継続中である。

第 1 表 道産 I 形梁の力学特性値の基準値

Table 1. Standard value of mechanical properties of I-beam.

梁幅 Breadth of beam	42mm	63mm	88mm
M (kN · m)	4.94	6.33	7.17
EI (kN · m ²)	382	474	681
GA/κ (kN)	848	1026	1206
Q (kN)	7.47	9.42	9.55
P _{CV} (N/mm)	289	281	260

凡例) M: 最大曲げモーメント, EI: 真の曲げ剛性, GA/κ: せん断剛性, Q: 最大せん断力, P_{CV}: 部分圧縮力

Legend) M: Maximum bending moment; EI: Pure flexural rigidity; GA/κ: Shear stiffness; Q: Maximum shear force; P_{CV}: Partial compression force

第 2 表 力学特性値の調整係数

Table 2. Adjustment factor of mechanical properties.

	K _{MC}	K _W	K _A
M (kN · m)	0.88	0.96	0.79
EI (kN · m ²)	0.87	0.89	0.85
GA/κ (kN)	0.95	0.81	0.81
Q (kN)	0.87	0.89	0.94
P _{CV} (N/mm)	0.87	0.97	0.89

凡例) K_{MC}: 含水率の調整係数, K_W: 事故的水掛かりを考慮した調整係数, K_A: 防腐処理の調整係数

Legend) K_{MC}: Adjustment factor of the moisture content; K_W: Adjustment factor that considered the accidental overwash; K_A: Adjustment factor of the antiseptis

1.5.9 等級区分された十勝産カラマツ材の強度性能評価 Evaluation for Strength Performance of Grading Karamatsu (in Tokachi)

平成14年度 民間受託研究

デザイン科, 構造性能科, 十勝からまつ製材加工協同組合

カラマツ製材の強度は、関連研究機関における産出地別の試験結果や、建築基準法の条文に日本全国の強度試験データから求められた基準強度の記載がある。

十勝地域では、カラマツ住宅の着工数が増加傾向にあり、カラマツ製材が建築資材として使われていく中で、エンドユーザーからこれらの強度について多く質問が寄せられるようになった。また、住宅に対する信頼性を上げるためには、架構を構成する部材の性能を明確にすることが必要であり、十勝産材の等級別強度性能を把握することを目的として、強度試験を実施した。

なお、評価対象であるカラマツ材は依頼先より供給された限定された材であり、ここで得られたデータが十勝産出カラマツ材全体の特性を示すものではないことに留意されたい。

提供された試験体は、足寄町(120本)・大樹町(32本)および浦幌町(40本)で産出された105角製材、計192本である。

試験体は、等級区分を行う前にFFTアナライザ(小野測器CF-1200)を用い、打撃音分析による縦振動ヤング係数の測定を行った。

測定の結果は、以下の通りである。

- ・足寄町 ~ 8.96 (kN/mm²)
- ・大樹町 ~ 9.14 (kN/mm²)
- ・浦幌町 ~ 8.97 (kN/mm²)

ヤング係数には、産地の違いによる大きなバラツキがないことを確認した。

等級区分では、鉋による仕上げを行っていなかったため、材端の割れやねじれにより2級と3級に分類され、1級の材は得ることが出来なかった。

曲げ強度試験は、2級に分類された95本の材に対して行い、油圧式強度試験機(東京衡機製造所:曲げ容量200kN)を使用し、スパン1,890mm, 荷重点間630mm

の2点荷重による単調増加荷重条件で、供試体が破壊するまで実施した。荷重値は容量200kNのロードセルを使用し、スパン中央たわみ(供試体両面)は精度 1/100mm・ストローク100mmのひずみゲージ式変位変換器を使用して計測した。それぞれの計測値は、荷重の増減約196(N)毎に記録した。

試験終了後、試験体の非破壊部分から小片を採取し、比重と含水率の測定を行なった。

試験の結果は、以下の通りである。なお、基準強度試算値は、曲げ強さの統計的処理に基づく信頼水準75%の95%下限許容限界から算出した。

- ・平均年輪幅 ~ 5.3 (mm)
- ・比重 ~ 0.47
- ・含水率 ~ 15.8 (%)
- ・曲げヤング係数 ~ 9.50 (kN/mm²)
- ・曲げ強さ ~ 38.8 (N/mm²)
- ・最大荷重 ~ 287. (kN)
- ・基準強度試算値 ~ 26.8 (N/mm²)

本試験の結果は、木質構造設計規準および建築基準法(建設省告示)で定められたヤング係数(7.8kN/mm²)、および基準強度(25.8N/mm²)より高い値となり、住宅の構造用部材としてカラマツ材を用いることに支障がないことが確認された。

カラマツは他の建築用製材と比較して遜色のない強度を持っているが、節による強度低下が大きいことから、使用時に注意を払って施工することが必要である。また年輪幅は、比重(重さ)よりも強度に与える影響が大きく、梁材・柱材などに材料を選定する場合の、目視による簡単な目安として有効であると思われる。

今後は工業製品として品質や強度性能の管理を行っていくことにより、エンドユーザーから高い評価が得られていくのではないかと考えられる。

II.1.1 電子写真印刷技術を用いた木材の粉体塗装に関する研究 Direct Printing of Powder Toner on a Wood Surface with an Electro-Photo Technology System

平成 14 ～ 15 年度 民間共同研究
接着塗装科, (株) レーザー・プロ

近年, 悪化する一方の地球環境に配慮して環境対応型新素材の研究・開発が各分野において活発に繰り広げられている。塗装分野においても揮発性有機化合物 (VOC) を含む塗料から環境対応型の塗料への転換が図られてきている。

粉体塗装は脱VOCの代表的な塗装方法のひとつであり, 様々な塗装分野において利用されている。しかし, 木質材料への塗装はいまだ溶剤系塗料が中心であり, 粉体塗装の適用例はない。

トナーを用いたレーザープリンタ方式の印刷も粉体塗装の一種と考えられるが, 現状では多孔質で表面性状の不均一な木材はこの方式の印刷素材としては対象外であった。そこで本研究ではレーザープリンタ印刷技術を応用し, 木質材料に対して精度の高いフルカラー印刷 (塗装) を行うための木材の処理技術および印刷装置制御システムの技術開発について検討する。

平成14年度は印刷用木材表面の改質および高耐久化処理に関する技術開発を行った。

(1) トナー定着促進プライマーの開発

廃発泡スチロールをシトラスオイルに溶解したプライマー (下塗り剤) を作製した。木質材料への塗布作業性について検討した結果, 固形分 15 ～ 20%w/w が適当であった。

(2) 粉体塗装に適した木質材料の検討

トナー定着性に対する印刷素材の厚さの影響について検討した。PPC用紙ではC (青) M (赤) Y (黄) K (黒) の各トナーとも厚さ 0.07mm (PPC用紙1枚) および 0.14mm (PPC用紙2枚) まで定着性は良好であるが, 厚さ 0.23mm (PPC用紙3枚) 以上ではわずかに, 厚さ 0.40mm (PPC用紙5枚) 以上では明らかなトナー定着性の低下が観察された。PPC用紙の表面粗さ (Ra) は $4.2 \mu\text{m}$ であった。

トナー定着促進プライマーを塗布した厚さ 0.4mm, 0.6mm のシナ単板のトナー定着性は良好であったが,

厚さ 0.8mm のシナ単板では CMYK の各トナーとも定着性の低下が見られた。同じ 0.8mm 厚さの単板でも裏面に不織布を添付してあるものはさらに定着性が低かった。また, 同じ厚さの単板でも表面粗さが大きいほどトナーの定着性は低かった。厚さ 0.2mm, 1.1mm のスギ単板, 厚さ 0.2mm のカバ単板, 厚さ 0.8mm のトドマツ単板でトナーの定着性を観察したところ, シナ単板と同様, 0.2mm 厚さのスギ単板, カバ単板は良好なトナー定着性を示し, 厚さ 0.8mm のトドマツ単板, 1.1mm のスギ単板のトナー定着性は低かった。

材質の比較的均一なシナ材, カバ材は良好なトナー定着が見られたが, 早晚材の材質差の大きなカラマツ材・トドマツ材ではトナー定着性にむらが見られた。まとめ

- (1) 平均粗さ (Ra) が $4.2 \mu\text{m}$ の PPC 用紙でも厚くなるに従い, トナーの定着性が低下する。これは PPC 用紙が厚くなるにしたがいマイナスに帯電したトナーが PPC 用紙に移りにくくなっているためと考えられる。
- (2) トナー定着促進プライマー塗布によるトナー定着性の向上が観察された。
- (3) トナー定着促進プライマー塗布シナ単板において厚さ 0.6mm まではトナー定着性が良好であった。
- (4) 表面粗さ (Ra) の増加に伴いトナー定着性の低下が観察され, シナ材においては表面粗さ (Ra) $10 \mu\text{m}$ 以下であることが必要であった。
- (5) 他の樹種においても一定の厚さ, 表面粗さの基材であれば一定のトナー定着性を得ることができた。
- (6) 現行のレーザープリンタでは厚さ 1mm の単板通過が限界であった。

トナー定着性をさらに高める表面改質剤の検討, 装置の改良による厚もの基材への印刷の検討, 白色トナーの開発および対応ソフトの検討, 印刷基材の耐候性の評価が今後の課題である。

II.1.2 インサイジングに替わる難注入性道産材への薬液含浸技術の開発 Development of Technology for Improving Liquid Penetration to Softwood

平成 13 ~ 15 年度
化学加工科

薬液含浸によって木材の高付加価値化・用途拡大を図る場合、もっとも基本となるのが処理薬液を効率よく、かつ確実に木材内に行き渡らせるための含浸技術である。

しかしカラマツやトドマツの心材部は、薬液の含浸が困難な、いわゆる難注入性の材であることが知られており、そのままでは減圧・加圧注入装置をもってしても十分な薬液含浸を行うことは難しい。このような材に薬液を含浸する場合、特に防腐剤の場合には、材一面に人為的に刺傷を施すインサイジング処理によって注入性を改善する方法が行われている。インサイジング処理は、材表面の必要な部分を選択的に薬液含浸できるメリットがあるものの、明瞭な刺傷痕が残ること、処理によって強度が低下するなど、改善すべき点も多い。

そこで本課題では、インサイジング処理のメリットを生かしつつ、できるだけ材の美観性や強度を損なわずに薬液含浸を行う技術について開発を行う。

平成13年度は、カラマツ心材部から調製した30 (R) × 30 (T) × 480mm (L) の試験片を用いて、材表面部の浸透促進技術について検討を行った。その結果、無処理材と比較して浸潤面積は約2~4.5倍となり、刺傷痕などの目立った欠点も見られなかった。しかし処理に伴って材強度は約10~45%低下した。

14年度は正角材への防腐処理を想定して、試験片として105 (R) × 105 (T) × 480mm (L) のカラマツ心材部試験片へとスケールアップして検討した。含浸液としては水系薬剤と油性薬剤を想定し、水と灯油の2種類をそれぞれ減・加圧注入(真空ポンプによる減圧30分・加圧1.5MPa/2時間)により含浸した。結果は以下のとおりである。

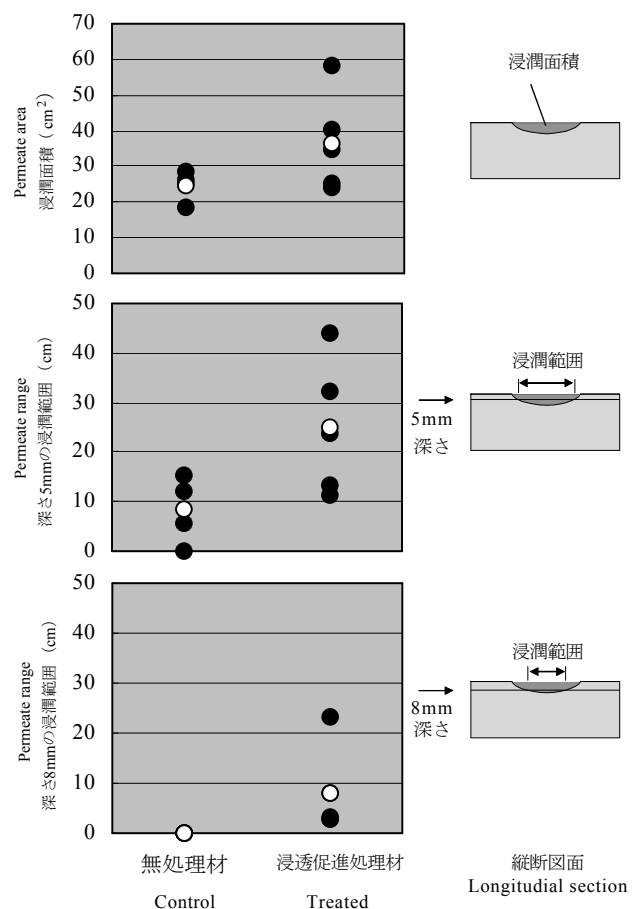
(1) 浸潤面積及び浸潤範囲

灯油を含浸した場合、浸透促進処理の効果はほとんど見られなかった。一方、水を含浸した場合は無処理材に較べて浸潤面積は平均で約1.5倍となった(第1図上段)。特に、材表面から深さ5mmまで水が浸潤した

範囲は平均20cmと無処理材の2.5倍となり、材表面部へ選択的に含浸していることがわかった(図中段)。しかし、防腐土台として使用する際に必要な、深さ8mmまで浸潤している範囲は平均8cmとなり、十分な含浸を行うには更に処理条件の検討が必要と思われた(図下段)。

(2) 材の美観性

処理に伴って割れが発生したが、水の含浸によってその痕跡は目立たなくなる程度まで回復した。また、割れの発生率と含浸量には相関は認められず、含浸量の向上が処理に伴う割れによるものではないことが確認された。



第1図 浸透促進処理の効果

Fig.1. Effect on permeability of surface layer.

II.1.3 乾燥材の精密水分測定技術の検討

Development of Moisture Gradient Measuring System to Prevent the Deformation of Kiln-Dried Softwood Lumber

平成 12 ～ 14 年度

製材乾燥科

水分傾斜など、木材内部の水分分布に偏りがあることはそれ自体が含水率の計測を難しくしているだけでなく残留応力の原因となり使用時に材の狂いとなって品質を著しく落としくレームなどのもととなる。これを正しく把握し十分低減されていることを見極めるには、木材を切断し含水率を測定する方法があるが、品質の維持には全数を計測する必要があり、非破壊で計測し仕分けする装置が求められる。

非破壊で木材内部の含水率を測定する装置としては X 線 CT や MRI などの利用が考えられるが、装置の価格が高すぎることや、専門の技師が必要なことなどから、木材産業で利用することは事実上不可能である。

本研究では、安価で精度の高い非破壊含水率傾斜計測技術の開発を目的として、(1) 水分傾斜計の設計・製造、(2) 木材の内部含水率の許容値の把握を検討した。以下に詳細を示す。

(1) 対象とする樹種はトドマツ、断面寸法を 100 ～ 120mm の正角材とした。センサは高周波抵抗式とし、印可する高周波は 12Vp-p、1MHz とした。

水分傾斜計は被測定材の断面を取り囲むように配置された電極の一つから高周波を印可し、他のすべての電極に発生する電圧を測定する。これをすべての電極について行うことで1回の測定が終了する。得られた測定値は重畳積分法により内部水分分布に変換する。

水分傾斜計の校正には 100mm 角の亚克力ブロックを用いた。重畳積分法に用いるフィルタは亚克力ブロックの測定結果が一様となるように設定した。

水分傾斜計の測定結果と水分傾斜の相関は測定したトドマツ正角材を 7 × 7 等分し、全乾法により含水率を測定することで検証した。

現在の問題点は測定時間がかかりすぎることと、各電極間の測定値のバラツキが大きいことである。測定時間を短縮するためには複数の受信回路が必要である。

電極間の測定値のバラツキは被測定材と電極の接触面積を同じにするのは困難であることと、受信回路の入力インピーダンスが低いいため S/N 比が上がらないことが原因である。高入力インピーダンス、かつ入力インピーダンスの個体差が少ない電子素子が望まれる。

(2) 建築用柱材（構造材）を対象として許容される材中心部の含水率を検討した。

エゾマツ、トドマツ、カラマツの3樹種について、断面が 117 × 117mm、長さ 3.65m の心持ち正角材をそれぞれ 30 本ずつ用意し、製材後乾燥せず屋内放置した場合と人工乾燥（仕上がり目標 17%）後に屋内放置した場合の 2 条件について、ねじれ、曲がり、収縮、平均含水率（全乾法による）、内部含水率（電気抵抗式水分計による）の経過を見た。

3 樹種とも、ねじれ、収縮が周囲の温湿度に見合っ安定したのは生材で 90 ～ 100 日、乾燥材で 60 ～ 70 日経過してからであった。曲がりについては明確な傾向は出なかった。また、おおむね軽微であった。そこで、主にねじれについて検討した。

JAS ではねじれについて現在明確な規定がないが、枠組壁工法構造用製材に関する記載を参考にして正角材における矢高を決め、さらにねじれ角度に換算して基準値とした。基準値は JAS2 級に見合うねじれ角度が約 8°、1 級に見合う角度は約 4° となる。修正挽き後、ねじれ角が変動しても基準値を越えない事を条件として各樹種で許容される内部含水率は以下の通りであった。また、() 内に全乾法による平均含水率を示す。

エゾマツ：1 級 乾燥材 17% (13)	生材 10% 以下 (13)
2 級 乾燥材 20% (14)	生材 12% (15)
トドマツ：1 級 乾燥材 25% (17)	生材 14% (14)
2 級 乾燥材 45% (23)	生材 19% (17)
カラマツ：1 級 乾燥材 15% (13)	生材 10% 以下 (13)
2 級 乾燥材 22% (15)	生材 11% (14)

II.1.4 切削音による帯鋸の異常判断の検討 Analysis of Running Noise for Detecting Damage of Band-Saws

平成 13 ～ 14 年度
製材乾燥科, 機械科

帯鋸の挽き材中における破断は、作業者にとって大変危険である。この帯鋸の異常（亀裂など）については、熟練作業者は異音として気づくこともあるが、耳栓の使用や亀裂の進行状態によって気づかない場合も多い。作業者の安全を確保する上で、また遠隔操作により作業者が機械の近くに居ない場合も機械や鋸の保護のために、作業中に発生する帯鋸の異常を作業者に代わって自動的に検出する必要がある。

本課題では、切削中や空転中に帯鋸から発生する音を周波数解析し、正常時と異常時の音を判別する手法について検討した。

平成 13 年度は帯鋸盤の発生する音データを蓄積した。14 年度は周波数解析用のソフトウェアを製作し、人工的に亀裂を入れた帯鋸と正常な鋸の音の差異を解析した。

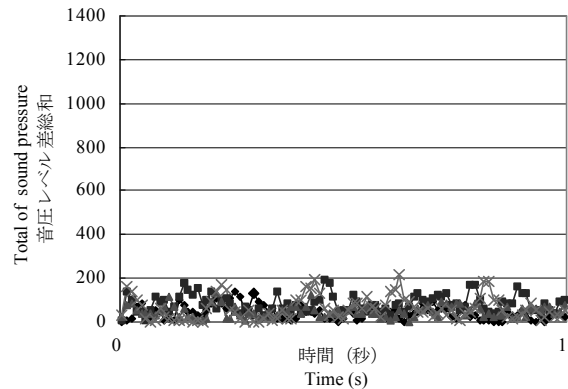
帯鋸の歯底に 0, 10, 20, 30mm, 背部に 0, 10, 20, 30mm の亀裂を人工的に入れた帯鋸を 2 本用意し、切削音と空転音をマイクロフォンを通してサンプリング周期 96kHz でパソコン上に取得した。取得した音データを FFT 変換し、正常な鋸のデータを基準に亀裂を入れた鋸の音圧レベルの変化量を解析した。

歯底、背部ともに 30mm の亀裂を入れた場合には低い周波数領域で違いは見られないが（第 1 図）、20kHz 近辺の高周波領域では正常な鋸の音と比較すると周期的に大きな音圧の変化が見られた（第 2 図）。

音圧変化の発生周期は、計算される帯鋸の回転数と一致しており、亀裂部分から異音が発生していると判断できる。

20mm 以下の亀裂では周期的な音圧の変化は見られなかったが、散発的に正常な鋸では見られない音圧の変化が現れた。

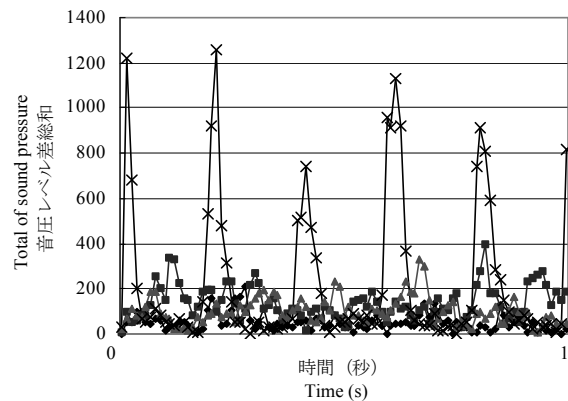
以上から、帯鋸の音を周波数解析し、正常な鋸の音との差分を求める手法により帯鋸の異常を検知できる可能性が示された。



第 1 図 低周波数（4～8kHz）での基準波形との違い
凡例) ◆ : 亀裂 0mm, ■ : 亀裂 10mm,
▲ : 亀裂 20mm, × : 亀裂 30mm

Fig.1. Difference from standard wave in low frequency (4～8kHz).

Legend) ◆ : Crack 0mm; ■ : Crack 10mm; ▲ : Crack 20mm;
× : Crack 30mm



第 2 図 高周波数（20～24kHz）での基準波形との違い
凡例) ◆ : 亀裂 0mm, ■ : 亀裂 10mm,
▲ : 亀裂 20mm, × : 亀裂 30mm

Fig.2. Difference from standard wave in low frequency (20～24kHz).

Legend) ◆ : Crack 0mm; ■ : Crack 10mm; ▲ : Crack 20mm;
× : Crack 30mm

II.1.6 高温乾燥対応の蒸気式乾燥装置自動制御システムの開発

Development of an Automatic Control System of a Dry Kiln for High-Temperature Schedules

平成14年度 民間共同研究
製材乾燥科、(株) デックシステム

蒸気式乾燥装置の操作手法は、含水率の減少経過に応じて適切な温湿度条件を与えることが基本となる。一方、操作管理が簡易なことから、あらかじめ経験に基づき設定した時間スケジュールを採用するケースが少ない。これは特に建築用材や造作材となる針葉樹を扱う場合に多く見受けられ、乾燥の精度は当然、前者に比べ低い。そこで、乾燥操作が簡便でかつ乾燥材の品質を確保するための自動制御システムの開発に着手した。

制御方法は基礎実験によって乾燥スケジュールごとに時間推定させる時間制御法、および乾燥精度の低下を補うための電気抵抗式含水率計による水分計制御法の併用とした。時間制御法は、トドマツを対象に製材厚さ・幅、初期含水率、仕上がり含水率、心持ち・心去り材の別に、乾燥条件を3種類(80℃以下の中温、80～100℃のやや高温、100℃以上の高温)から選択すること、および蒸煮・調湿処理の有無を指定することで、あらかじめ求めた水分減少係数および材種別補正係数を個別適用させ、指定材種にあてはまる時間スケジュールを提案するものである。また、水分計による制御は水分測定の不確かさから、時間制御法で算定されたスケジュールにおけるステップごとの推定時間を標準として、これを下回ることのないようなアルゴリズムでシステム構成した。さらにシステム側から提案された時間スケジュールは、操作管理者の考えで任意に変更を可能とした。

本システムの時間制御法にしたがって実大乾燥試験を、心去り板材(厚さ29×幅113mm:中温条件)と心去り平割材(厚さ53×幅112mm:やや高温条件)と心持ち正角材(112mm:高温条件)について実施した。制御時間算定のための初期含水率は、サンプル材から板材が54%、平割材が70%、正角材は52.1%となり、仕上がり含水率の目標は、板材で7%、平割材で10%、正角材で15%とした。また、平割材ではイコーライジング処理を実施せず、正角材ではイコーライジング処理を算定時間より短い30時間とした。

これらの条件によってシステムが推定した総乾燥時間は、板材で75時間、平割材で95時間、正角材が112時間となり、これらの時間スケジュールにしたがって乾燥試験を実施した。

乾燥前後の含水率データを第1表に示す。ほぼ予想される仕上がり含水率になったと考えられるが、平割材はイコーライジング処理を実施することによりバラツキの縮小が可能と推測できる。正角材は初期含水率のバラツキによって仕上がり含水率の均一性が低く、断面寸法の大きな製材ほどこの傾向が強い。また、乾燥材の狂い・割れ等の品質においてはほぼ問題のない仕上がりだと判断できた。試験後、乾燥経過の実測値に近似させるため、時間推定のための減少係数および乾燥スケジュールの修正を行った。なお、乾燥後の心持ち正角材は全数、実際の住宅用構造材として使用された。

以上から、ほぼ実用可能な自動制御システムが構築できたと考えるが、トドマツ以外の針葉樹への対応、あるいは同樹種についても例えば水食いの有無や製材の木取り位置(辺材・心材)によっては乾燥特性に差異が生じることが予想されることなど、今後の課題として検討する予定である。

第1表 時間制御法による含水率データ

Table 1. Moisture content before and after kiln-drying with time schedules.

		心去り板材 Flatsawn board	心去り平割材 Dimension lumber without pith	心持ち正角材 Boxed heart square timber
試験体数 Number of specimen		74	48	39
乾燥条件 Drying schedule		中温 Conventional temperature	やや高温 Slightly high temperature	高温 High temperature
乾燥時間 (h) Drying time		75	95	112
初期含水率 Initial M.C. (%)	平均 Av.	73.6	69.5	55.0
	最小 Min.	38.7	41.1	38.0
	最大 Max.	132.2	123.4	91.2
	標準偏差 SD.	22.2	17.4	13.3
仕上がり含水率 Final M.C. (%)	平均 Av.	7.4	11.0	16.8
	最小 Min.	5.8	9.3	11.0
	最大 Max.	8.6	15.5	34.5
	標準偏差 SD.	0.5	1.2	5.3

II.2.2 道内資源を原料としたMDFの検討

Study on MDF Production Technology Using the Raw Material in Hokkaido

平成 12,14 年度
成形成科

近年、MDF 需要が 96 万 m³/2002 年（1995 年比 + 45 %）と拡大し、割高ではあるが高品質で価格が安定し、供給体制にメリットがある国産品に対する需要は国内 4 社で 45% を占めている。しかし、木質パネルの年間需要 1,084 万 m³/2002 年（1995 年比 - 11%）からみると MDF の占める割合は低く、道内需要（約 2 万 m³/年）も少ない。これは、MDF が比較的新しい材料で、より高い材質を求められているためである。しかし、現在は造作用途主体であるが、将来的には住宅下地材等の構造用途への適用により需要拡大が見込まれ、主要な MDF メーカーは主に海外拠点からの供給体制を整備するなど、その対応を行っている。また、建築用途については道内需要も多い。

一方、従来、国産 MDF 原料は南洋材主体であったが、原料事情の変化により輸入針葉樹やスギ、ヒノキを中心とする国産針葉樹の割合が増加し、建設廃木材の利用が大きな課題になっている。道内では今後大量に出てくるパルプチップ、建設廃木材など低質材の用途開発が重要な課題となっている。

以上のことから、これら低質材を原料として、材質向上により将来的に需要が見込める MDF への加工技術を検討する必要性は高い。また MDF 材質の向上や建設廃木材の利用については、国内 MDF メーカーからの要望も高い。

12 年度は、トドマツチップを原料とした MDF の製造試験を行った。材質向上の検討を行った結果、JIS 規格の最も高強度な 30 タイプの基準値を満足する高性能な MDF が得られた。

14 年度は、トドマツチップに加え建設廃木材を原料とした MDF の製造試験を行った。建設廃木材使用割合、ファイバー粒度特性、プレス条件などの検討を行った結果、第 1 表に示す製造条件で、第 2 表のとおり JIS 規格の 30 タイプの基準値を満足する高性能な MDF が得られた。

以上の結果から、重量比で 50% の建設廃木材を用いることにより、大幅なコスト削減の可能性があることを明らかとした。

第 1 表 製造条件

Table 1. Manufacturing conditions of MDF.

原材料 Raw material	トドマツチップ:建設廃木材 =1:1 (重量比) Todomatsu (<i>Abies sachalinensis</i>) chip : Construction waste wood =1:1 (Weight ratio)
寸法 Size	280×280×9mm
接着剤 Resin ワックス Wax	MDI (イソシアネート系接着剤) : 8% ^{a)} Methylene diphenyl diisocyanate エマルジョン型 : 1.0% ^{a)} Emulsion type
フォーミング Forming	フォーミングマシンで無配向 Non-oriented by forming machine
熱圧条件 Pressing	185°C, 3 min.

注) a) : 全乾木質重量比

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

第 2 表 性能試験結果 (JIS A 5905 に準拠)

Table 2. Properties of boards (According to Japanese Industrial Standard for Fibreboards).

試験項目 Test method	試作 MDF Manufactured MDF
密度 (g/cm ³) Density	0.70 (0.35 以上 0.80 未満 ⁵⁾) (0.35 or over up to and excl. 0.80 ⁵⁾)
IB ¹⁾ (MPa)	1.1 (0.5 以上 ⁵⁾) (0.5 min. ⁵⁾)
MOR ²⁾ (MPa)	34.9 (30.0 以上 ⁵⁾) (30.0 min. ⁵⁾)
MOE ³⁾ (GPa)	2.6 (2.5 以上 ⁵⁾) (2.5 min. ⁵⁾)
TS ⁴⁾ (%)	4.3 (12 以下 ⁵⁾) (12 max. ⁵⁾)

注) 1) : はく離強さ, 2) : 曲げ強さ, 3) : 曲げヤング係数,

4) : 吸水厚さ膨張率 (24 時間常温水浸せき), 5) : JIS 基準値 (MDF, 30 タイプ)

Notes) 1): Internal bond; 2): Modulus of rupture; 3): Modulus of elasticity; 4): Thickness swelling (24-hours immersing at 20±1°C); 5): Requirement of JIS (MDF, 30type).

II.2.3 乱尺材対応型自動棧積装置の開発

Development of an Automatic Piling Device for Irregular Laminas

平成 12 ～ 14 年度
機械科，製材乾燥科

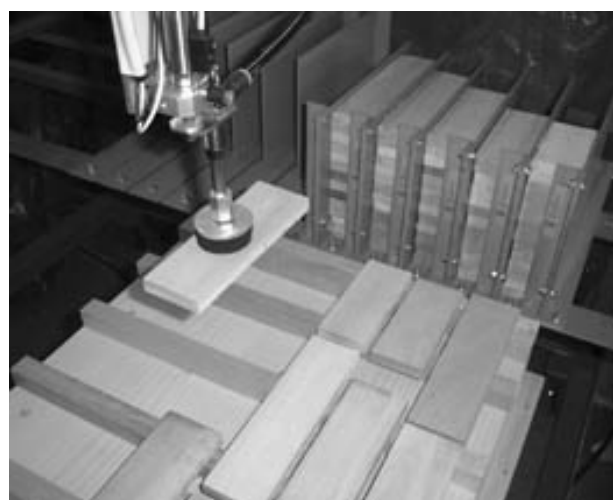
棧積みは製材工場や乾燥工場では欠くことのできない作業である。この作業は、主に 365cm の定尺材を扱う工場では自動化されているところもあるが、集成材用ラミナなどのひき板を扱う工場では、1～4名程度の人力作業に頼っている。人力作業の内容は、作業者がひき板の寸法や棧木位置などを考慮し、ひき板を試行錯誤で並べ替えたり棧木を追加する方法である。このため、作業に多くの時間を要するとともに熟練も必要なことから、棧積みを自動化し省力化が必要になっている。

理想的な自動棧積みの方法とは、ひき板の寸法を自動計測し、リアルタイムで配列を決定して配置する方法と考えられる。この場合、問題点は配列の決定方法である。一般に、ひき板は、①欠点などを取り除いただけで材長が成りゆきとなるものと②オーダーにより材長が何種類かに定まっているものがある。ただし、②についてもミリ単位で材長が決まっているわけではなく、公称材長+延寸+バラツキ寸法等で構成される(例えば、360mm の場合、 $360 + 30 + 5\text{mm}$ 以内 = 390～395mm)。いずれにしても、事前にひき板の材長を把握していなければ適正な配列を決定することはできない。このことから、①のひき板を対象とする場合には、事前にストック可能な量のひき板を画像処理などにより材長計測・ストックしてから配列計算を、また②のひき板を対象とする場合には、ひき板の最大・最小寸法をもとに事前に配列計算をすることになる。

本研究では、いずれの方法でも材長が既知という前提で最適配列を決定するプログラムを作成し、その結果にしたがってひき板を配置する装置を試作した。このプログラムは、ひき板の材長および棧木の位置などを入力することにより最適配列を計算するものであるが、可能な全配列パターンを比較するため、決定までに長時間かかることが分かった。このことから、現実

的には、全配列パターンを比較して最適配列を決定するのではなく、配列パターンを比較する際に使用する係数が一定値に達したものを適正配列として採用する方が望ましく、また配置作業はその都度データを作成するのではなく、事前に幾つかの配列パターンを決定してデータを作成しておき、それらの中から選択する方法が時間短縮のために望ましいと考えられた。

第1図は、試作した棧積装置によりひき板を配置しているところである。棧積装置の大まかな構成は、ひき板のストッカ(材長は、100, 120, 150, 180, 200mm の5種類)、配置用の吸着パッド、吸着パッドを移動するスライダ、棧積用パレット(幅 400×長さ 460mm)、パレットを上下させる昇降台、棧木挿入装置およびこれらを制御するコンピュータなどである。この装置による試験では、コンピュータの操作、ひき板・棧木のストック以外の要素作業については自動化が可能であることが分かった。ただし、実用化に向けては複数のストッカを設けこれらを簡単に切り替える装置を追加するなどの改良も必要と考えられた。



第1図 試作した棧積装置

Fig.1. Developed piling device.

II.3.1 開発製品の実用化促進のための市場性の調査

Researches on Marketability to Promote Practical Use for Developed Products

平成13~14年度
経営科，成形科

1. 需要拡大の方向

平成13年度に行った当該開発製品（視覚障害者誘導用ブロック，木質舗装ブロック）のアンケート結果を踏まえ，14年度は市町村の工事担当者へ聞き取り調査を行った。主な聞き取り結果は以下の通りで，これらの聞き取り結果や13年度のアンケートの結果から①～④に示す今後の開発の方向性を導き出した。

■ 聞き取り結果(視覚障害者誘導用ブロック)

他の製品と比較して，機能は認知されていたが，厚く角が立っている点が，歩行者のつまずきの元にならないか不安との意見もあった

①製品のエッジ(角)に丸みをつける

■ 聞き取り結果(木質舗装ブロック)

製品を市街地で使用するためには，車両の乗り入れや機械除雪への対応，数十年に渡る耐久性が必要

②市街地の舗装用としては断念し，公園や緑地などでの遊歩道の舗装用とする

現状のサイズでは散策路の地形の凹凸に対応しづらいのではないかと，という意見がある

③複数のサイズを開発し，様々な条件に対応する

■ 聞き取り結果(その他)

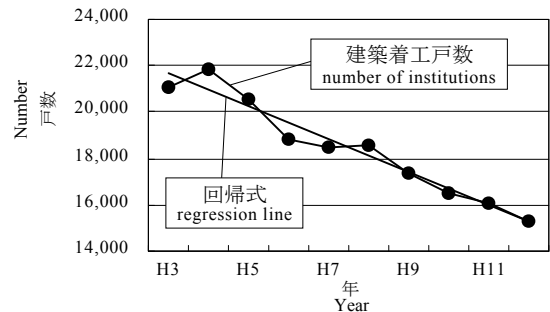
実績がないと公共事業への採用は困難だが，公共施設で実際に施工されたならば，実績として評価できる

④道とのつながりを生かし，道の関連施設への試験施工を働きかけて，一般へのPRに努める

2. 需要予測

製品の見込める最大の需要規模の予測も行った。

ハートビル法の施行により，今後新築される公共建築はほぼ必ず視覚障害者誘導用ブロック（以下，誘導ブロック）などが設置されると考えられる。そこで，誘導ブロックの需要予測では，国・都道府県・市町村の公務文教用建築に着目し，その建築着工戸数の推移を直線回帰し，回帰式から将来の建築



第1図 公務文教用建築の建築着工戸数の推移

Fig.1. The changes of the number for official and educational institutions constructed a year.

着工戸数の推移を予測した（第1図）。さらに，予測された建築着工戸数に1棟当りのブロック設置枚数（50枚＝聞き取りによる）を掛け，需要上限を算出した。

木質舗装ブロックの需要は，おもに都市公園の開設の有無に大きく影響を受けると考えられる。そこで，都市公園の新規開設面積の推移を直線回帰し，回帰式から将来の新規開設面積の推移を予測した。さらに，予測した開設面積に1公園当りの公園面積に対する遊歩道面積の占める割合（5%＝聞き取りによる）を掛け，遊歩道面積の推移を予測した。この予測した遊歩道面積をそのまま需要上限とした。実際には様々な製品がシェアを分け合うことになるはずだが，遊歩道においてどの舗装資材がどれくらい使われているかの具体的なデータがないため，これ以上の予測はできない。現在の遊歩道舗装の主流は，土などにバインダーを混ぜて固める方式が主流であり，当該製品が得られるシェアはかなり限られたものに留まると考えられる。

予測した結果を第1表に示す。なお，需要上限の金額への換算に当っては，誘導ブロックは1,200円/枚，木質舗装ブロックは8,000円/m²として計算した。

第1表 需要上限の予測

Table1. Possibility of maximum demands.

品目 Item	現在（平成14年度） 2003		10年後（平成24年度） 2013	
	需要上限 Maximum demands	金額 Amount of money	需要上限 Maximum demands	金額 Amount of money
視覚障害者誘導ブロック Guiding flagstone for blind	690,000 (枚) 690,000 (pieces)	828,000 (千円) 828,000 (Thousand of yen)	340,000 (枚) 340,000 (Pieces)	404,000 (千円) 404,000 (Thousand of yen)
木質舗装ブロック Wooden flagstone	1,550,000 (m ²) 1,550,000 (m ²)	12,400,000 (千円) 12,400,000 (Thousand of yen)	1,750,000 (m ²) 1,750,000 (m ²)	14,000,000 (千円) 14,000,000 (Thousand of yen)

III.1.1 木質炭化物による VOC 吸着材料の開発 Development of VOC Adsorption Material from Charcoal

平成 14 年度
梅原主任研究員，物性利用科

近年，新築または改築した建築物でホルムアルデヒドや揮発性有機化合物（VOC）によるシックハウス・シックビル症候群が問題になっている。特にトルエン・キシレンは壁材などの建材に使用されている塗料中に含まれているため，重要なシックハウス原因物質と考えられている。

一方，製紙産業で使われていた間伐材などから作られる国産チップは，安価な輸入チップに置き換えられ，その新たな用途開発が望まれている。

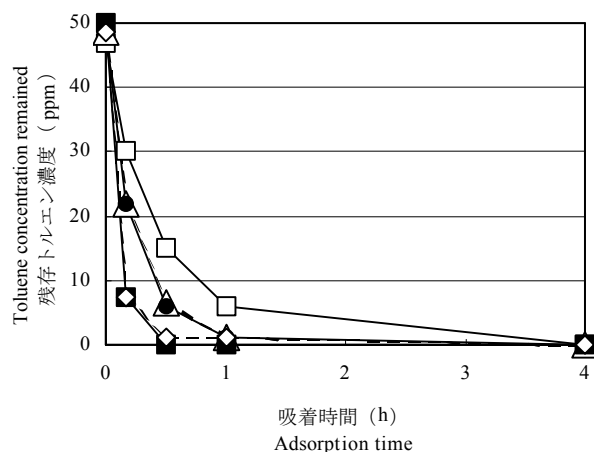
そこで本研究では，間伐材等の木質資源を原料とする安価な VOC 用吸着剤を開発するために，比較的対策が遅れているトルエン・キシレンを活性炭並みに吸着する木質炭化物の製造条件を検討した。

ふるいで分級したカラマツチップダストとトドマツのこくずをステンレス製の箱に入れて，電気炉にて空気存在下で，600，700，750，800，900℃で1時間炭化した。なお原料含水率は10～12%，昇温速度は3℃/分とした。

20Lのガラスデシケータにトルエンを入れてマグネチックスターラーで攪拌し，初期濃度を約50ppmとした後，各炭化物1gを入れ，トルエン濃度の経時変化を検知管によって測定した。

第1図に示すように，粒径2mm以上のカラマツチップダストを700℃で処理して得られた炭化物は見かけの表面積が小さいこともあり，1時間後もトルエンが6.5ppm残留していた。この炭化物を粉碎した物は吸着性能が向上し30分後には0ppmになった。比較として測定した市販のクロマト用活性炭は30分で1ppmになったものの，0ppmになるのに1時間以上かかった。

粒径0.5～1mmのトドマツを700～800℃で処理して得られた炭化物は30分で0ppmになり，粒径0.25mm以下を700℃で処理したものの場合10分で0ppmになった（第2図）。どちらの樹種も活性炭と同等の吸着速度であった。これらの方法は活性炭並みのトルエン吸着剤を製造する方法となり得る。

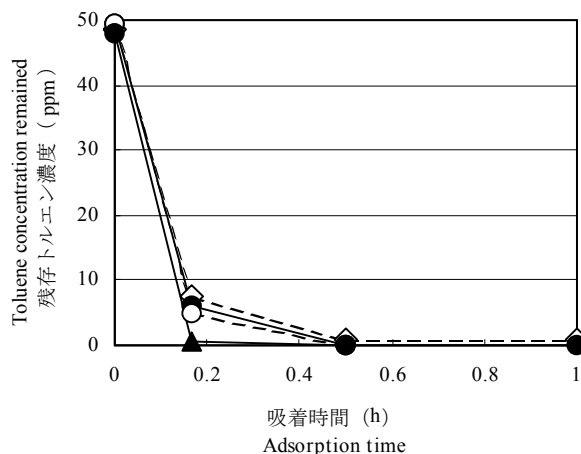


第1図 カラマツチップダストを用いた炭化物（700℃）によるトルエン吸着濃度の経時変化

凡例) ●: 粒径0.5～1mm, △: 粒径1～2mm, □: 粒径2mm以上, ■: 粒径2mm以上を粉碎, ◇: 活性炭

Fig.1. The toluene adsorption of the Japanese larch chip dust charcoal (700°C).

Legend) ●: Particle size 0.5 ~ 1mm; △: Particle size 1 ~ 2mm; □: Particle size over 2mm; ■: Crushed particle from 2mm over size charcoal; ◇: Activated carbon



第2図 トドマツのこくずを用いた炭化物（700℃）によるトルエン吸着濃度の経時変化

凡例) ▲: 粒径0.25mm以下, ○: 粒径0.25～0.5mm, ●: 粒径0.5～1mm, ◇: 活性炭

Fig.2. The toluene adsorption of the Todomatsu saw dust charcoal (700°C).

Legend) ▲: Particle size 0.25mm under; ○: Particle size 0.25 ~ 0.5mm; ●: Particle size 0.5 ~ 1mm; ◇: Activated carbon

III.1.2 組織培養法による耐そ性物質の生産

Production of an Antifeedant Against Voles in Cell Cultures of Woody Plants

平成 12 ～ 14 年度
成分利用科

カラマツにおける耐そ性の個体間の相違は、ステロイド類および精油の含有量に影響される。食害を受けたカラマツは、カルス形成により不完全であるが次第に自己治癒していく。このときカルスにはステロイド類、精油などの有用成分が増加する。化学的合成では生産性の低い有用物質を組織培養されたカルスから生成することは、新たな樹木成分の需要開拓につながるとともに、これを用いた耐そ剤の開発は生態系や環境に配慮した防除法となりうる。ここでは、カラマツカルスにおける有用成分を精査するとともに、その効率的生産および回収方法の開発を検討した。

これまで、耐そ成分の前駆物質を培地に添加し、その濃度とカラマツカルスの生長量および耐そ性成分量との関係を調べた。その結果、前駆物質の最適濃度は 10mM で、無添加に対して生長量と抽出物量が増加し、ステロイド類では遊離型よりエステル型物質の割合が増加することを明らかにした。平成 14 年度は、組織培養による耐そ性成分の生産および抽出・分離方法を検討した。

(1) 耐そ性成分の生産および回収方法の検討

耐そ性成分の前駆物質を添加した生育培地でカラマツカルスを培養後、無添加培地に移して培養し、抽出物の含有量を調べた。前駆物質を添加した場合、カルスの生長は無添加と同程度であったが、抽出物量の増加が見られた。耐そ性物質の含有率は、前駆物質を加えても変化は少なかったが、ステロイド類のエステル型物質の含有率は無添加の約 10 倍(乾燥カルス重量の 0.4%) に増加した。しかし、添加培地から無添加培地に移した後は、耐そ性物質が無添加のレベルまで減少した。耐そ性物質を高濃度に維持するためには、前駆

物質を投与し続ける必要が示唆された。物質生産に向けては、回転培養によるカルスの誘導後、振とう培養によって大量増殖が可能で、有機溶媒で抽出後、カラム分離によって速やかに回収できると考えられる。

(2) 防除法の開発

防除法としては、耐そ性物質を直接樹幹に塗布する方法が考えられる。また、前駆物質を樹幹に注入する方法も(第 1 図)、樹皮中の耐そ性物質を増加する傾向が見られたことから、簡便な防除法になると考えられる。



第 1 図 前駆物質のカラマツへの注入

Fig.1. Injection of the precursor into Karamatsu (*Larix leptolepis* Gordon).

III.1.3 イチゴ高設・長期どり栽培システムの実用化

Development of a Year-Round Harvesting System for High Bench Culture of Strawberries

平成 13～15 年度 共同研究

成分利用科，道立道南農業試験場，道立林業試験場道南支場

イチゴの出荷価格は年間を通じて高く、高収入が期待できる。北海道のイチゴは春どりを中心に栽培されているが、夏期の冷涼な気候を活かした夏秋期生産に潜在的な可能性が高い。しかしながら、中腰姿勢の収穫作業は重労働であるため、北海道のイチゴの作付け面積は逆に減少している。ここでは、1m程度の高さの棚に設置した培地で栽培する「高設栽培」により収穫作業の軽減化を図り、安定的で高収益な生産技術の確立を目的とした。特に、木質廃棄物であるスギ樹皮を培地に利用することができれば、培地の軽量化、コスト低減ならびに未利用森林資源の有効利用が期待される。

これまで、スギ樹皮の活用に向け、粉碎ならびに培地の調製方法を検討するとともに、スギ樹皮の植物生育に対する影響を調べた。その結果、スギ樹皮を混合した培土はその表面が乾燥しがちであることが明らかとなった。しかし、表面を標準培土とすることで乾燥は改善され、スギ樹皮と標準培土とを1:1 (v/v) で混合することでイチゴの収量も低下しないことがわかった。一方、コマツナの発芽試験を行ったところ、スギ樹皮の抽出物は影響が少ないものの、根の生長に若干マイナスの影響を及ぼした。14年度は、生育阻害成分の分離・分析を行うとともに、実用化に向けたスギ樹皮の粉碎方法を検討した。

(1) スギ樹皮の粉碎方法

スギ^{はくひ}剥皮用として使用されるバーカーから出る粉碎物は、繊維状に長い形状である。これは、かさ高く、他の資材との混合性も低く培地調製に課題が多かった。しかし、昨今、剪定枝や刈草等の処理に利用されるスクリューで^{せん}圧縮後にカッターで裁断する解繊機を用いることで、作業性、混合性に優れたパルプ状の粉碎物

が得られた(第1図)。これは、高設栽培用の資材としても軽量で、イチゴの収量の低下も見られなかった。しかし、粉碎工程が加わることで、資材コストに課題を残す結果となった。



第1図 スギの粉碎物

Fig.1. Fiber of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don).

(2) 生育阻害成分の分離と分析

コマツナの発芽試験から、スギ樹皮に含まれる生育阻害物質は水溶性物質と考えられた。そこで、スギ樹皮の水抽出物をヘキサン、ジエチルエーテル、酢酸エチル、ブタノールの各溶媒で分画し、発芽試験を行った。なお、発芽試験は、ろ紙2枚を敷いたシャーレに各抽出物25mgを加え、溶媒を乾固し、蒸留水10mLを加え、そこにコマツナの種子(浜美2号、サカタのタネ)50粒を播種後、20℃、3日間培養し、発芽率と根長を測定した。その結果、蒸留水の平均根長の信頼区間(5%)は $26.11 \leq \mu \leq 30.12$ であった。発芽率には酢酸エチル可溶部が、根の生長には酢酸エチル可溶部とブタノール可溶部の阻害作用が強く認められた。

III.1.6 流木等木質廃棄物の改質技術の開発 Green Material from Driftwood and Waste Wood

平成 14 ~ 16 年度

成分利用科, 再生利用科, 機械科, 成形科, 竹花主任林業専門技術員

豊かな森の形成過程において、大雨や台風など気象害が発生すると、枝葉、幼木に止まらず伐根、大径木までが、下流域のダム、河川敷に流出する。流出物、漂流物の放置は景観のみならず、施設や設備の破損を引き起こし、汚水、悪臭発生の原因となりうる。これまで、流木は舗装材、マルチング材などに利用されているが、土砂の混入や休眠種子、病虫害、病原菌が懸念され、植物への影響も少なくないことから幅広い使用には至っていない。ここでは、流木等木質廃棄物の緑化資材、土壌改質材への用途に向けた改質装置を開発し、植物への影響の低減化を図る。なお平成14年度は、流木の実態を調査するとともに、改質装置の設計コンセプトを作成した。

流木の発生源の一つとして河畔林が推定され、ヤナギ類、カンバ類、ナナカマドなどの流木が見られた。また、雪、台風や大水による土砂災害に伴って押し流されたカラマツ、トドマツも回収された。これら立木や倒木は、大雨などの急激な増水によって下流域に押し流され、浅瀬や護岸に漂着するようである（第1図）。

流木の回収、除去はダムでも行われている。ダムには流木などの浮遊物をせき止める流木止設備があり、引き上げられた流木は切断、粉碎され、用途は緑化資材、マルチング材、キャンプ用木炭と限定的であった。なお、流木は特定の河川やダムに発生することがわかった。

流木の緑化資材としての適性を調べるため、木粉としてエゾマツ・トドマツ、カラマツ、スギを使い、樹皮としてトドマツ、カラマツ、スギ、広葉樹を使い、芝用の種子（ケンタッキーブルーグラス）の発芽および生育試験を行った。カラマツとトドマツ樹皮には、強い発芽および生長抑制作用が見られた。また、カラマツ木粉、広葉樹樹皮にも、籾殻と同程度の抑制作用が見られた。これらを改善するため、生育阻害物質の除去、堆肥化などの改質促進、乾燥害が見られる資材では保水性の改善等の処理が必要と考えられた。

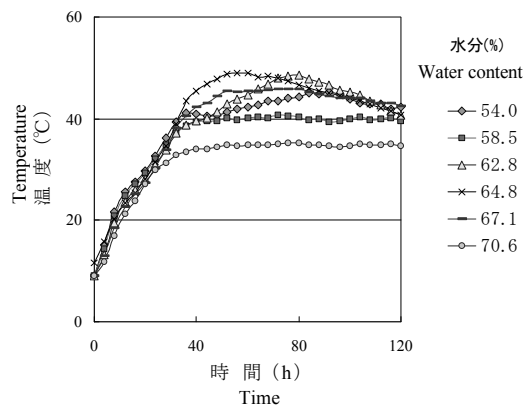
改質装置としては、屋外での処理を考えると温度、断熱性が重要と思われた。また、改質過程で分解によ

り水分が増加することから、密閉式改質装置では水分調整が重要になると思われた。なお堆肥化実験は、発泡スチロール容器を用いて行った。窒素分として発酵鶏糞を加え、温度30℃、通気量50mL/分、容積5.6L、分解菌（EM）10g/kgで行った。混合資材の水分を約55~70%にそれぞれ調製し、水分の発酵に及ぼす影響を調べた（第2図）。その結果、水分は65%が最も優れており、わずかな水分の増減によっても、発酵性が大きく異なることが明らかであった。さらに、樹種の影響、通気量の影響が認められた。今後、効率的な改質装置の開発に向け、温度、水分、断熱性、通気性等について検討する。



第1図 河川敷の流木

Fig.1. Driftwoods on a riverbed.



第2図 堆肥化における水分の影響

Fig.2. Effects of water content on fermentation.

III.1.7 木質炭化物の化学処理による環境調和型資材の開発

Development of New Environmental-Friendly Materials by Chemical Processing of Heat-Treated Wood

平成 12 ～ 14 年度
化学加工科，物性利用科，成形科

道産小径間伐材のチップはコスト高で製紙用に受け入れられない実態にある。このため新たな用途開発，高付加価値化が急務となっている。樹種，形状の多様な材料を活用する技術として熱処理が注目されている。木質材料は熱処理条件の制御により，多数の活性官能基の生成，疎水性の付与等有用な化学構造，物性の変化が生じる。これまでに，木質材料を 250～300℃付近の温度域で熱処理した後，アミン蒸気と反応させることによりペースト状の液化物が得られることが判明している。すなわち，熱処理条件，液化条件を適切に設定することにより，木質材料を簡便に液化・溶解しうるとともに，この技術を応用することにより，生分解性素材等への転換が期待できる。

そこで本研究では，木炭と比べおよそ 300～500℃低い，300℃付近の温度領域での熱処理による木質材料の化学構造変化，さらに本処理により得られた生成物の簡便な化学処理での反応性を利用し，生分解性樹脂材料，イオン交換材料など環境調和型資材の開発を試みた。

平成 12 年度までの試験結果を以下に示す。

液化挙動に及ぼす諸条件の検討の結果，液化に適した木質材料の熱処理条件として，空気雰囲気下，275℃付近が好適であり，その場合常温・常圧下での液化処理が可能であった。試料形状は，鋸くず，鉋くず等粒径の小さなものが好適であり，より大きな形状の材料では粉碎等の前処理が必要と思われる。液化処理試薬としてエチルアミンが最適であった。

熱処理物 (300℃) のイオン交換体としての性能は，市販の陽イオン交換体等と同等であり， Pb^{2+} ， Cu^{2+} 等の金属イオンを担持可能であった。またアンモニア，ホルムアルデヒド等有害ガスの低減効果が示された。

13 年度は，液化物の樹脂化条件の検討および金属等

担持による触媒能の検討を行った。

液化物の溶媒親和性について，水およびエチレングリコールと任意の比率で混和することが判明した。

液化物の樹脂化条件については，水およびポリビニルアルコールとの混合，エチレングリコールおよび無水マレイン酸との混合によりシート状樹脂化成型物が作成可能であった。引っ張り試験の結果，ポリエステル樹脂と同様の特性がみられた。

金属等担持材料の有害ガス低減効果を検討した結果，窒素酸化物，ホルムアルデヒドに対する効果が認められた。ホルムアルデヒドに対してはアンモニアおよびアミン類の担持が効果的であった。担体として用いた熱処理材料に対し，24 時間経過時のホルムアルデヒド残存率はエチルアミン担持材料で 1/2，アンモニア担持材料で 1/6 となった。

14 年度は，木質熱処理物 (275℃処理) の液化物を用いて，成型条件，接着性能および生分解性を検討した。

(1) 液化物成型条件の検討：液化物と熱処理木粉による成型物製造を試みた結果，エチレングリコール，無水マレイン酸の配合による熱圧成型が好適であった。

(2) 液化物接着性能の検討：液化物と市販フェノール樹脂との混合物を用い，引っ張りせん断試験により接着性能を評価した。その結果，液化物配合比約 20% の場合，接着強さは約 1.54MPa となったことから，適切な添加剤を用いることにより十分な接着強さを得ると思われた。

(3) 生分解性の検討：JIS K 6950 に従い，25℃の温度条件下で二相密閉瓶による呼吸試験を行うことにより，トドマツ材およびセルロース液化物，樹脂化成型物の生分解性を検討した。その結果，液化物，樹脂化成型物では十分な酸素消費が見られたことから，生分解性を有すると考えられた。

III.2.1 未利用副産物を活用したきのこ栽培技術の開発

Development of Cultivation Technology by Using Unutilized Waste Materials

平成 11 ～ 15 年度
品種開発科，生産技術科

近年，きのこの市場価格は下降傾向をたどっているのに対し，原材料費および人件費は年々確実に上昇している。一方，廃棄物のリサイクルが進む中，農業，食品工業，醸造業などの各種産業において大量の副産物が未利用のまま廃棄されたり，それらの処理に多額の費用がかかっている。そこで，これらの未利用副産物を各種きのこ栽培に再利用できれば，きのこの生産コストおよび副産物の処理コストの低減が可能になる。

平成13年度はそば殻を培地基材として，各種食用菌栽培における培地組成の検討を行った。その結果，ナメコ，ヒラタケ，ブナシメジおよびシイタケの栽培において，そば殻をおが粉と置換した培地では，無置換とほぼ同等もしくはそれ以上の収量が得られた。

14年度はモミ殻（通常および粉碎モミ殻）を培地基材として用いて各種食用菌の最適栽培条件の検討を行い，以下の結果が得られた。

- (1) ナメコ：粉碎モミ殻を50%まで置換した培地において無置換とほぼ同等の収量が得られた。
- (2) ヒラタケ：いずれのモミ殻を用いても置換率の増加に伴い，培養日数が短縮するとともに収量が増加する傾向が認められた。
- (3) タモギタケ：いずれのモミ殻を用いても置換率の増加に伴い，収量はほぼ同等で，培養日数が短縮する傾向が認められた。
- (4) シイタケ：粉碎モミ殻を50%置換および通常のモミ殻を25%置換した培地において，約30%の収量増加が認められた。
- (5) マイタケ，ブナシメジ：通常および粉碎モミ殻の置換率の増加に伴い，収量が低下する傾向が認められた。



第1図 モミ殻を用いたヒラタケの栽培
Fig.1. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* by using rice husks.



第2図 モミ殻を用いたタモギタケの栽培
Fig.2. Cultivation of *Pleurotus cornucopiae* var. *citrinopileatus* by using rice husks.

III.2.4 ナラタケ属きのこ種菌製造技術の改良

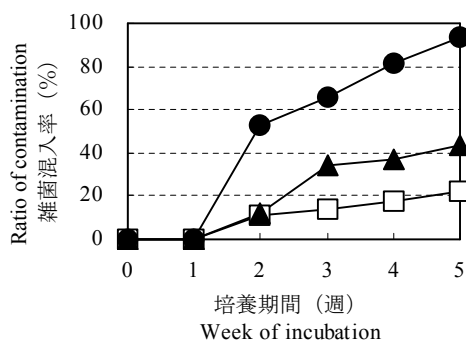
Improvement of Technique on Producing Spawn of Naratake (*Armillaria* spp.)

平成13～14年度
生産技術科

林産試験場では野生のナラタケ属菌から菌床栽培に適した2菌株（両方ともツバナナラタケ）を選抜し、栽培技術を確立したが、未だに商業生産には至っていない。その理由の一つに種菌製造の難しさがあり、商業生産のためにはその原因の解明と対策が必要である。

平成13年度は、ナラタケ種菌製造における雑菌汚染の原因を究明するため、種菌製造を各工程ごとに検討した。その結果、他の菌床きのこが気中菌糸を発達させるのに対し、ナラタケは黒変被膜を形成するため、被膜上に載った雑菌の胞子が再び拡散しやすいと推察された。またナラタケは他の菌床きのこに比べ初期の成長が緩慢であるため、雑菌の増殖が拡大する危険性が高いことが推察された。

14年度は、まず培養工程での雑菌混入を観察した。その結果、培養日数が経過するに従い雑菌の混入は増加した（第1図）。観察を繰り返した結果、施設的环境やキャップの性能によって、雑菌混入が発生すると考えられた。そこで、ナラタケの種菌製造と雑菌汚染経路およびその被害度を検討した。ナラタケ種菌の菌床表面に目視で確認できない雑菌汚染がある場合（表面汚染種菌）、接種前処理で表面汚染部分を完全に除去することで解決する。ところが、表面汚染部分の除去が



第1図 培養室における培養期間と雑菌混入率
何も接種せずに培養した。

凡例) □: 第1回試験, ▲: 第2回試験, ●: 第3回試験

Fig.1. Relation of incubation period and ratio of fungal contamination.

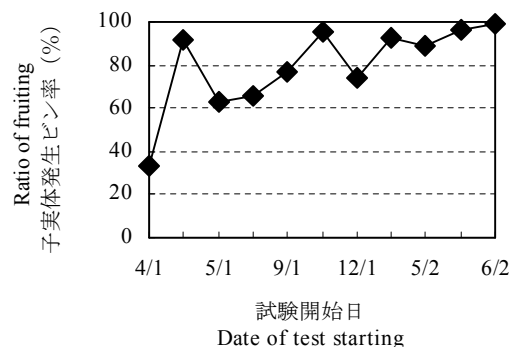
Not inoculated and incubated at incubation room.

Legend) □: 1st test; ▲: 2nd test; ●: 3rd test

不完全な場合、接種時に雑菌の胞子を持ち込むことになる。また、培養初期に雑菌の胞子が培地表面に付着すると、雑菌はナラタケ菌よりも速く増殖し、菌床表面を占有してしまう。雑菌は培地表面の周縁部にコロニーを形成することが多く、速やかに大量の胞子を形成し、その菌床を種菌として用いるのは困難となる。

以上の考察から、①表面汚染部分の雑菌汚染を完全除去する、②菌床表面をなるべく早く黒変被膜で完全に被覆する、という2点を改善することが最も重要であると判断し検討した。その結果、ブナシメジ用キャップを用いることで、通常よりも早く菌床表面をナラタケ黒変被膜が被覆することが分かった（菌株Aは11.7日と9.1日、菌株Bは19.1日と16.3日）。また、種菌の管理を厳密に行なうことはもちろん、接種時には種菌の前処理で火炎滅菌（アルコール噴霧で胞子の飛散を抑制し、着火して燃焼中に菌床表面を除去する）を行なうようにした。

これら改善の結果、試験栽培でのきのこ発生ビン率は高水準で安定するようになった（第2図）。また、きのこのビン栽培を行っている生産者の施設においてナラタケ種菌の培養を行い、雑菌混入の調査を行った。生産者施設は空中落下菌数が当场と比較して多い。菌数には増減が見られ、雑菌混入もそれとともに増減した。種菌製造を行なう際には、施設の微生物密度を徹底管理することが必要であろう。



第2図 ナラタケ栽培試験と子実体発生ビン率
Fig. 2. Ratio of fruiting at test.

III.2.6 きのご道産品種の食味性向上技術の検討

Improvement in Taste of Fruit Body in Mushroom Varieties Developed in Hokkaido

平成13～15年度
生産技術科

道内におけるきのご生産は多くの作目で増加傾向にあったが、需要は飽和に近い状態であり、一部で減産している。一方で、食生活の多様化にともない、きのごは単なる食品ではなく健康を維持する機能性食品というイメージが定着しつつあり、新しい需要が期待される。現在、きのご栽培では収量性が重視され、きのごの味覚評価ならびに食味性向上技術の検討はほとんど行われていない。食味性向上によって商品価値を高めることで、消費の拡大が期待される。道産品種としては、ブナシメジ「マーブレ88-8」、タモギタケ「エルム・マッシュ北菌1～3号」等があり、道内企業等による商業生産が行われている。特にブナシメジの一般的味覚特性として、他の作目と比較して苦味が比較的強いことが挙げられ、食味性の向上が課題となっている。

すでに平成13年度において、ブナシメジの品質評価法を検討し、以下の結果が得られている。

(1) 収穫後に調理したブナシメジについて、官能検査(評点法)を行った。ブナシメジとヒラタケの比較、ブナシメジ2品種間の比較、傘部と柄部の比較を行った結果、苦味や歯ごたえについて明確な差異が確認され、評点法による2点比較試験により味覚評価が可能であることを示した。

(2) 収穫時期の異なるブナシメジ子実体について味覚成分含量の比較的大きな変動が確認され、収穫時期の食味に及ぼす影響が示唆された。この結果は、可能な限り均一な評価を得るために、均一な形態の子実体を栽培し、一定の時期に収穫することの重要性を示した。

以上の結果を踏まえ、14年度は品種や栽培条件による品質の変化を把握することを目的として、以下の検討を行った。

(3) 道産品種(マーブレ88-8)を含めた3品種を供試して栽培したブナシメジを調理し、官能試験(評点法による2点比較試験)を被験者数30人(当該職員)で実施した。その結果、食味の品種間差が明らかとなった。すなわち、旨味および甘味の強度と苦味の強度の間で負の相関が見られると同時に、これら3種類の味で明らかな品種間差が認められた。味覚成分は遊離アミノ酸の組成および量や低分子糖の量について、また食感については破断荷重と破断歪率について品種間差が示された。

官能検査で低い評価だった品種は、遊離アミノ酸量、旨味(アスパラギン酸)および甘味(アラニン)に関与するアミノ酸の含量が相対的に少ないことが特徴であった。逆に高い評価が得られた品種は、甘味に関与する成分(アラニン、トレハロース)が相対的に多いことが特徴であった。

(4) ダケカンバのおが粉と米ぬかを混合した基本培地を含め3種類の培地で道産品種(マーブレ88-8)を栽培した。その結果、高増収性培地の1条件(基本培地に3種類の材料をさらに添加した)において、子実体収量が基本培地の約2倍となることに加え、旨味(グルタミン酸、アスパラギン酸)および甘味に関与する成分(アラニン、トレハロース)含量の明らかな増加と苦味に関与する成分(オルニチン)の減少が確認され、食味の向上が示唆された。

今後は、食味評価が高かった品種の味覚特性を明らかにすると同時に、栽培方法等による食味性向上について、さらに検討を進めていく予定である。

III.2.7 針葉樹おが粉の利用に適した道産品種の育成 Breeding of New Mushroom Varieties from Hokkaido for Cultivation Using Softwood as the Substrate

平成 14 ～ 16 年度
生産技術科，森主任林業専門技術員

道内資源量が豊富な針葉樹のカラマツやトドマツは、きのこ生産における培地材料として入手しやすい。実際には、菌糸成長の阻害成分を針葉樹おが粉から取り除く散水堆積処理を施して、タモギタケ、ヒラタケ、エノキタケといった栽培期間の短いきのこの生産に使用されている。栽培期間の長いブナシメジの生産では、短期栽培きのこに比べて、より長期間の散水処理を施すことにより使用されているものの、同様に栽培期間の長いマイタケ、シイタケでは利用されていない。

したがって、針葉樹おが粉の利用の可能性が相対的に高いきのこ（タモギタケ、ブナシメジ）と対照的に利用が困難なきのこ（マイタケ）について、針葉樹おが粉の利用に、より適した品種の育成を行うことにより、培地材料の安定確保ときのこの安定生産に寄与することが可能になる。いずれのきのこも、生産者や消費者のニーズに応えられるよう継続して育成する必要がある。

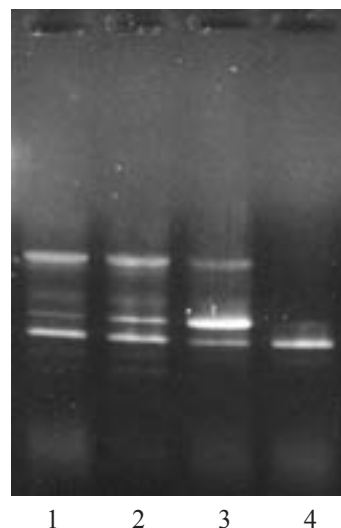
本研究で育成された優良品種は、種苗法による品種登録を目指している。新品種の登録数は年々増加しており、収穫物のみの比較では品種の区別が困難なケースが増えることが想定されることから、既存の培養的手法より確実かつ迅速な品種判別法が求められている。近年、さまざまな動植物および菌類の試料において、DNA解析の有効性が確認されつつある。これにより他品種との判別が可能になり、品種登録の要件である区別性の重要な証拠のひとつとなる可能性が高い。

したがって、本研究では道産品種を育成するのみならず、優良品種の遺伝情報を蓄積することも検討する。14年度はまず、タモギタケ、ブナシメジ、マイタケの菌株を作出した上で、培養レベルでスクリーニングを行うと同時に、DNA解析による菌株判別法を検討した。(1) タモギタケは、エルム・マッシュ北菌2号（当场開発品種）と野生菌株との交配により約400菌株作出し、培養レベルのスクリーニングで栽培に供する約200菌株を選んだ。

(2) ブナシメジは、マーブレ88-8（当场開発品種、14年品種登録）と野生菌株との交配により約400菌株作出し、培養レベルのスクリーニングで栽培に供する約200菌株を選んだ。

(3) マイタケは、トカチアーナ1号および森51号と野生菌株との交配により約500菌株作出し、培養レベルのスクリーニングを行った結果、全菌株を栽培に供することにした。

(4) RAPD法により、マーブレ88-8を含むブナシメジ複数菌株の判別を行った。複数のRAPD分析用プライマーを供試した結果、交配株と親菌株において共通バンド数が多くなるプライマーが存在し（第1図）、菌株間の遺伝的近縁度を計れる可能性が示唆された。



第1図 プライマー OPA-9 を用いた RAPD 分析における電気泳動像

凡例 1: マーブレ88-8（凍結乾燥子実体由来）、
2: マーブレ88-8（生子実体由来）、3: マーブレ88-8を親株とする交配株、4: 市販品種

Fig. 1. Amplified DNA fragments by RAPD primer (OPA-9).
Legend 1: Marbre 88-8 (From freeze dried fruit-body);
2: Marbre 88-8 (From fresh fruit-body);
3: Hybrid strain from Marbre 88-8 and wild strain; 4: Commercial strain