

講演

京都大学木材研究所における研究の取り組み

京都大学木材研究所
教授 樋口 隆昌

昨年11月13日、会場において京都大学木材研究所の樋口隆昌教授による「京都大学木材研究所における研究の取り組み」と題した講演がありました。

樋口先生はリグニン化学の分野で世界的権威者であり、国内の日本農学賞を始めとする数々の賞を、また昨年9月にはアメリカ化学会の Anselme Peyen 賞を受けておられます。

今回は、日本における木材研究の最先端に行く京都大学木材研究所で最近どのような研究が行われているかということについて、ご専門のリグニン化学についてはもちろんのこと、その他の分野についても簡単に、わかりやすく講演していただきました。

読者の皆さんの今後の研究、共同研究、委託研究、技術相談などのご参考になればと思います紹介させていただきます。
(編集委員会)

京都大学木材研究所の概要

京都大学木材研究所（以下、木研といいます）は京都市の東南約 17km の、宇治市にあります。宅地開発が進みつつありますが、まだまわりには田畑や茶畑が多く残り、自然に恵まれた静かな環境にあります。ここ、21万 m^2 に及ぶ宇治構内には木研のほかに化学研究所（化研）、食糧科学研究所（食研）、原子エネルギー研究所（原研）、防災研究所（防災研）、ヘリオトロン核融合研究センター、超高層電波研究センター、工学部の一部などがあります。

木研の歴史は、昭和19年に木材物理、木材化学、木材生物の3研究部門をもって発足したことに始まります。当時は京都市内にある農学部建物の一部を借用して研究に従事していましたが、終戦後、現在地であります宇治市五ヶ庄（東京第2陸軍造兵廠宇治製造所跡地の一部）に移転しました。昭和42年には鉄筋5階建の現在の建物が完成しております。研究部門は先に述べたように3部門でスタートしましたが、昭和38年には木質材料部門が、42年にはリグニン化学部門、59年には高

耐久性木材開発部門が設置されました。そのほかに昭和58年には材鑑調査室が設置されており、6研究部門、1調査室で現在にいたっております。職員数は現在37名、そのうち事務部門を除く研究者数は25名です。

各研究部門の紹介

木材生物部門

材鑑調査室は別棟の建物にありますが、組織上はこの部門に属しています。木材生物部門のスタッフは角谷和男教授、伊東隆夫助教授、黒田宏之助手、および材鑑調査室の林昭三助教授の4氏です。

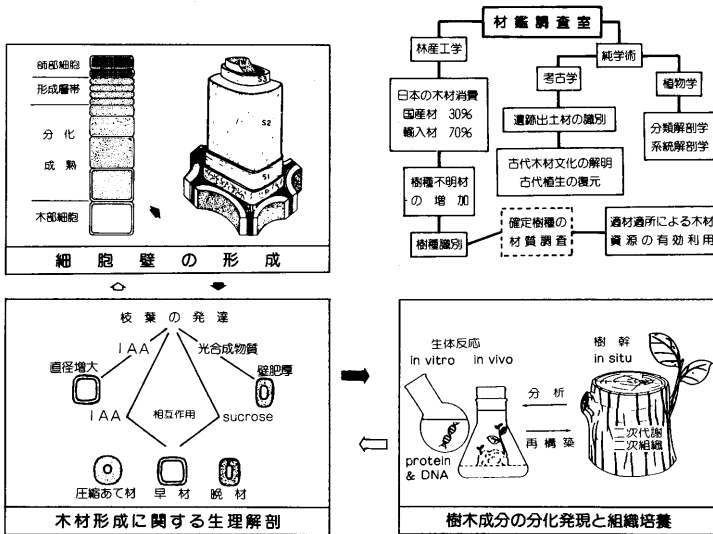
木材生物部門の研究の概要

それでは具体的な研究内容を紹介していきます。まず、細胞壁の形成に関する研究ですが、電子顕微鏡を用いて木材構成要素の仮道管や木繊維細胞壁中のセルロースマイクロフィブリルについての研究、プロトプラストからの細胞壁の再生に関する研究、および海草、綿毛、酢酸菌を用いてのセルロースマイクロフィブリルの生合成などの研究をしています。つぎに、樹木の組織培養についてですが、実

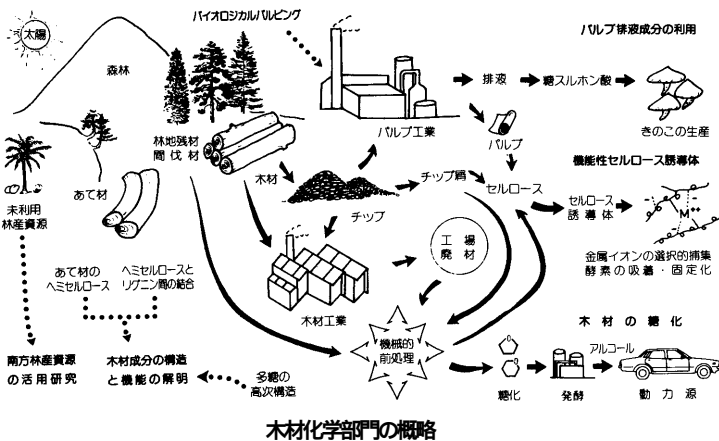
際の樹木では樹体が大きく、多量の形成層を得ることが困難なため実験系としては必ずしも適しない点もありますが、この手法により、細胞を生きのまま試験管内で観察することができるため、より動的に樹幹の生命活動にメスを入れることが可能になります。また、この手法は育種にも応用でき、精英樹クローンの組織から再分化させることにより優れた形質の樹木の苗木を短期間に得ることができます。現在、培地などの環境制御によりカルスの再分化と二次組織の形態分化、培養系における物質生産に関連した細胞選別や内生ホルモン、代謝産物の定量等の研究を行っています。細胞壁を構成しているセルロースマイクロフィブリルの形成

に関して新しい知見が得られており、パロニヤなどの原形質膜上の8ナノメートル程度のターミナルコンプレックス(セルロース合成顆粒)の後方に沿ってマイクロフィブリルが形成されていることが明らかとなっております。

材鑑調査室は、国産材はもちろんのこと世界各地から入手した材鑑3000種以上を保管しており、今後も継続してこれら材鑑の収集、データの蓄積をしていきます。また、研究課題として、収集した材鑑のコンピュータによる整理や、未利用樹種の有効利用を図るため、不明樹種の識別を行うためのソフトの開発や古代遺跡からの出土材の樹種識別の研究を行っています。



木材生物部門・材鑑調査室の研究の概略



木材化学部門の概略

木材化学部門

木材化学部門のスタッフは越島哲夫教授、前川英一助教授、田中文男助手、渡辺隆司助手の4氏です。

木材化学部門の研究の概要

それでは、具体的な研究内容について紹介していきます。まず、多糖・リグニン結合体(LCC)についてですが、過去において、LCCのゲル過、電気泳動、超遠心パターン、溶液の電気伝導度、色素の取り込み、ミセル形成による水不溶性物質の可溶化などから糖とリグニンが同一分子中にあることを確認しました。糖とリグニンの結合形態に関してはイネ科についてはフェルラ酸と糖の水酸基のエステル結合の存在を明らかにしました。最近では、DDQという酸化剤を用いてフェニルプロパンの位のエーテル結合を選択的に切断できる条件を確立し、この方法により、リグニン側鎖の位とマンノースの6位、キシロースの2位などと結合していることが明らかとなっております。次に、マイクロ波を利用した木材糖化について

紹介します。木質系バイオマスの利用法の一つとしてアルコール発酵を目指した酵素糖化がありますが、木材をマイクロ波で加熱処理しますと酵素による糖化率が著しく向上します。現在その作用機構に関する基礎的研究、および実用化のための研究を行っています。これらの研究のほかに、セルロースを原料とする機能性高分子の合成研究を行っており、 Ag^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Hg^{2+} などの特定の金属を選択的に取り込むセルロース誘導体を明らかにしております。そのほかにもパルプ廃液や未利用林産資源中の糖質ならびにリグニンの利用についても研究を進めており、リグノスルホン酸とメタクリル酸メチルをグラフト共重合させて耐摩耗性に優れたポリマーが得られることや、サルファイトパルプ廃液中の糖スルホン化物の食用キノコに対する生長促進作用があることを明らかにしました。

リグニン化学部門

リグニン化学部門のスタッフは私、樋口が教授をしており、ほかに佐藤惺助教授、島田幹夫講師、棚橋光彦助手、梅澤俊明助手の4氏です。

リグニン化学部門の研究の概要

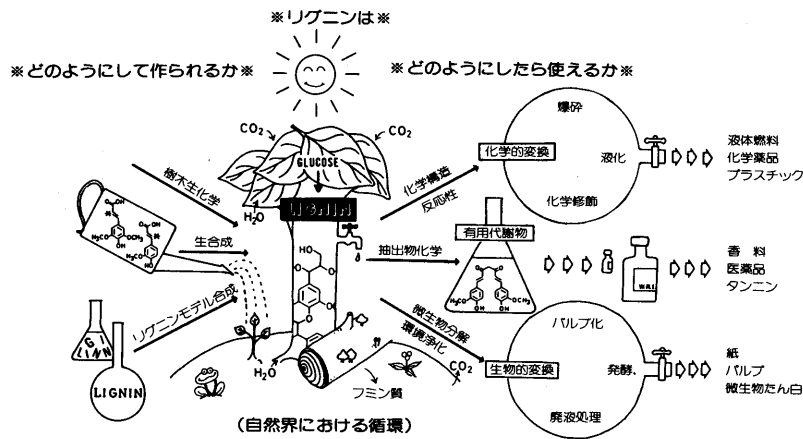
それでは、具体的な研究について紹介していきます。まずリグニンの化学構造についてですが、リグニンは非常に複雑な高分子化合物であるため、化学構造の解明が遅れていましたが、近年アシドリシス、ハイドロジェノリシスなどの分解生成物の同定技術の進歩により、針葉樹リグニン、広葉樹リグニンの化学構造の概略が明らかとなりました。また、当研究室ではリグニンを構成する基本的なダイマー、トリマーを合成し、その反応性にもとづく新しいリグニンの分解法などについて研究しています。

リグニンの生合成について

の研究は ^{14}C でラベルした種々のリグニン前駆物質によるトレーサー実験と、リグニン生合成経路に関与している一連の酵素の分離とその性質の解明をしています。これらの研究の結果、針葉樹リグニンと広葉樹リグニンの構造の差が生化学的に説明できるようになりました。

次に当研究室ではリグニン分解菌にリグニンの主要な結合様式を含む2量体や3量体を与えて、その分解物の単離、同定からそれらの化合物の側鎖および芳香環の腐朽菌(ファネロケータ、カワラタケ等)および腐朽菌の分泌した酵素(リグニンペルオキシダーゼ)による分解経路を明らかにしてきました。また、リグニンの分解にはヘム酵素が関与していることがほぼ明らかとなってきたことから、生体中の酵素を模倣したアプローチ(バイオメティックアプローチ)として、ポルフィリン-鉄錯体を用いたリグニンの分解とその応用(生物的漂白など)を検討しています。

また、木質資源の有効利用を目的として爆砕処理について研究を進めております。基礎的研究として、爆砕木材の物理的・化学的特性について、あるいは爆砕時に進行する反応の機構の解明を行っています。また応用研究として、爆砕木材の酵素糖化、飼料化、パルプ化、爆砕リグニンおよび関連フェノール性フラクションの抗菌性、抗変異原性についても研究を進めております。



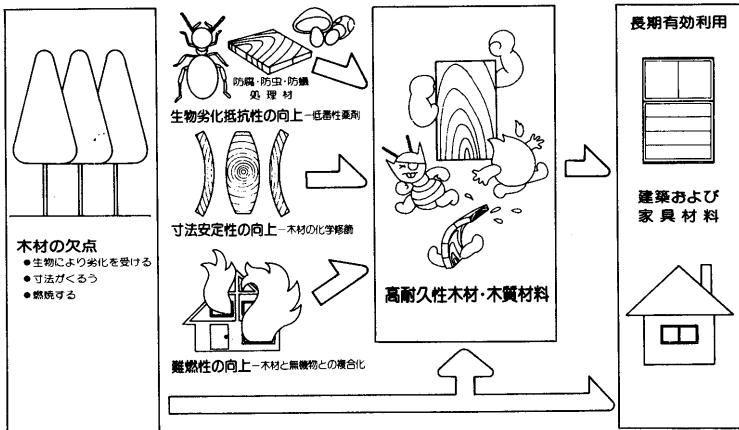
リグニン化学部門の研究の概略

高耐久性木材開発部門

高耐久性部門のスタッフは西本孝一教授（昭和63年4月停年退官）、高橋旨象助教授、角田邦夫助手、今村祐助助手と足立昭男技官の5名です。この研究室は我が国最大のシロアリ飼育室（168m²）を併設しており、4個のシロアリコロニーを飼育しております。その他にも野外（鹿児島県、和歌山県）に計画中のものも含めて20,000m²に及ぶ試験地を設定しています。

高耐久性木材開発部門の研究の概要

それでは、具体的な研究を紹介していきます。



高耐久性木材開発部門の研究の概略

まず最初は無機質複合化木材についてです。これは、まず木材をバリウム塩を含んだ水溶液（液）に浸漬し、その後リン酸アンモニウムなどの水溶液（液）に移します。このようにすることによって、木材組織中に水に溶けないリン酸バリウム塩が生成し、不燃性が付与されます。そのほかにも耐摩耗性、耐朽性、耐蟻性などが向上すると思われまので現在、それらの項目について試験中です。

そのほかにもアセチル化などの化学修飾をした木材の物性（強度、吸湿性、寸法安定性など）や木材腐朽菌やシロアリの侵害に対する抵抗性について研究しています。

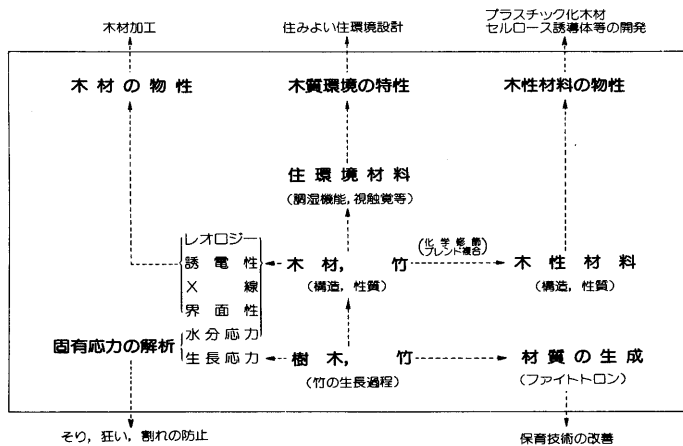
木材物理部門

この部門のスタッフは山田正教授、則元京助教授、野村隆哉、師岡俊郎の両助手の4名です。

木材物理部門の研究の概要

それでは具体的な研究について紹介します。まず木材の物性値についてですが、木材の弾性率、誘電率、内部摩擦、収縮、膨張率などと細胞壁マイクロフィブリルの量と配向角、細胞の形状、配列様式など木材の構造を決定している因子との関係を主としてモデル解析によって定量的に研究しています。また、その研究成果を基礎として、木材の材質評価、例えば、楽器用材、構造材、曲げ加工用材の適性について検討しており、響きの良い木材を選ぶための指標を求めたり、木材をそのままあるいは化学修飾してスピーカーの振動板に用いた場合の音響特性について検討し、一部実用化されています。

マイクロ波を用いた曲げ加工はこの研究室で実用化され、家具などに実際に使われています。この



木材物理部門の研究の概略

方法を用いますと今まで曲げ加工が難しかった樹種でも容易に加工でき、また今までより小さな曲率半径まで曲げ加工できます。

化学修飾された木材の物性についても研究を進めており、アセチル化、ベンジル化、ヒドロキシルプロピル化などの反応条件と物性の関係について研究をしています。最近では、セルロースの均一系での過ヨウ素酸による酸化条件を見だし、生成物の物性について検討中です。

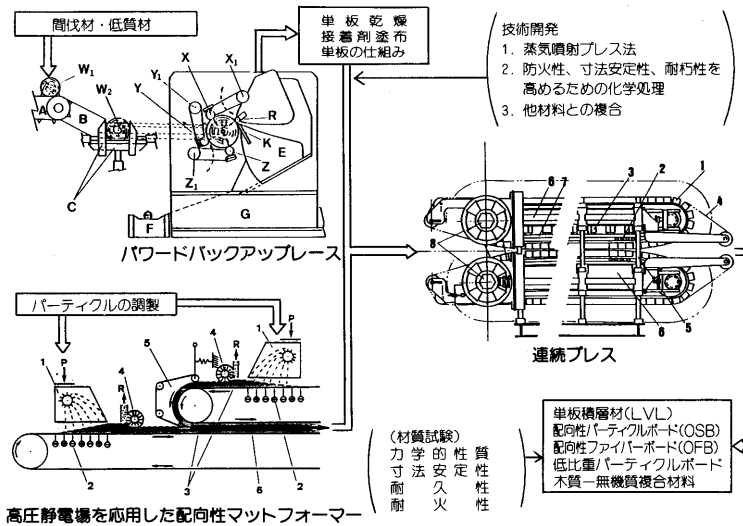
また、木造住宅の居住性を科学的に解明するために実寸大のモデルハウスを建てて木質材料の吸放湿性、透過性について検討しました。また、居住性の中でも重要な因子である視触性についても、色調、木理についてはもちろん、触覚についてもレオロジー的性質、表面状態、熱移動性などの面から基礎的な研究をしています。

木質材料部門

この部門のスタッフは佐々木光教授、石原茂久助教授、瀧野真二郎、川井秀一の両助手の4名です。

木質材料部門の研究の概要

それでは具体的な研究内容を紹介していきます。まず、パーティクルボードの製造研究についてですが、強度、耐水性、高比重などの欠点を改善することを目的としていろいろな面からアプローチしています。その一つとして、高圧静電場を利用した配向性パーティクルボードの製造について研究しており、独自に考案した装置を試作し、その装置を用いて試作したパーティクルボードの性能試験を行っています。そのほかにイソシアネート接着材を用いた低比重パーティクルボードの製造研究を行っており、強度、耐水性はもとより、遮音、断熱、耐水などの性能評価、施工面の実地テ



木質材料部門の研究の概略

ストなど広範囲な研究を行っています。

そのほかにも LVL製造のための機械とシステム開発を行ったり、無機材料との複合化を検討したり、木材接着の破壊力学を研究したりというように基礎的な面から実用化のための応用研究まで広範囲な研究をしています。

また、木質材料の防火処理、耐火処理についても研究しており、各種防火剤の燃焼抑制作用の基礎的検討と、それらの相互作用、きつ抗作用について研究をしています。また、最近の研究ですが、炭を用いたパーティクルボードを作り、その難燃性、強度などについて試験をしています。

終わりに

京都大学木材研究所における研究の取り組みということで話をまいりましたが準備不足のこともあり、化学や生物関係については問題が無いのですが、物理や木質関係については専門外の研究であり、私自身が十分理解していないため、十分ご紹介できなかったことを申し訳なく思っています。

(文責 藤本 英人)