

APAST —森と木の先端技術情報—

別 刷

R&Dトピックス

日本木材学会創立40周年記念大会における
分野別シンポジウムと大会宣言の紹介..... 9

組織構造分野.....	藤井 智之
物性・加工分野.....	井上 雅文
強度・木構造分野.....	小松 幸平
化学加工・接着分野.....	竹村 彰夫
バイオマス・パルプ・製紙分野.....	飯塚 堯介
資源・環境分野.....	今村 祐嗣

日本木材学会創立40周年記念大会における 分野別シンポジウムと大会宣言の紹介

日本木材学会は本年4月創立40周年を迎え、記念大会を開催した。記念大会の特別企画として6分野でトピックスを取り上げた特別シンポジウムが開催された。外国からの研究者を交えて盛んな討論が行われたのでこれらを紹介する。なお、この記念大会では、「化石資源から木質資源へ」と題したパネルディスカッションが行われ、これに基づき「大会宣言」が採択された。地球環境の保全や資源の確保などの視点が様々な変化をみせるようになってきている現在、この大会宣言に盛りこまれた内容は極めて重要な意味を持つと考えられるので、これを最初に紹介し、その後分野別シンポジウムの内容を詳しく紹介することにする。

(編集委員長)

大 会 宣 言

我々は、21世紀への人類文明の進展を図るために、資源とエネルギーを大量に消費し、処理の困難な廃棄物を大量に生み出している現在の資源利用システムを、地球環境保全、持続的な資源確保が保証される人類生存の基本に合致したシステムに変換しなければならないと考える。

このような観点から木質資源の生産と利用を考察した結果、資源の再生産性、資源生産時の環境保全性、そして建築資材、化学原料への加工・解体・廃棄・再利用過程における省エネルギー性、低公害性において、この木質資源利用システムは他資源のそ

れに比べてはるかに優位であることを確認した。

ここに、化石資源に依存した現在の生活方式を、木質資源を中心とする生物資源を基盤にしたシステムへ変換することの必要性を強く訴えるものである。

なお、この変換を実現するためには、技術開発を進めることはもちろん、各人が強い決意を持って日常生活を点検し、環境への負荷が少ない生活スタイルを受け入れるなど、新しい価値観を創生しなければならない。

平成7年4月9日

日本木材学会

分野別シンポジウム

組織構造分野

森林総合研究所 木材利用部 藤井 智之

これからの組織構造・材質研究

本シンポジウムの趣旨はこれを企画された岡野健教授が案内で述べられているように、今年定年を迎えられた3人の研究者と、既に退官されている海外の2人の研究者にそれぞれの長年に亘る木材の組織・構造・材質に関する研究を振り返って頂き、これからの研究のあるべき姿・方向を展望し、議論することであった。

W. A. Côté先生の「木材学会40年の微細構造研究」と題しての講演は、「経験のある年寄りの研究者

が犯した誤りを、若い世代で繰り返さないために」と話し始められた。講演題目の40年は、Côté先生と故原田先生との1955年以来のフレンドシップを反映したもので、木材の微細構造分野では著名な“Cellular Ultrastructure of Woody Plants”の基となったシンポジウムでの若かりし頃の原田先生のお姿と、講演発表からの録音が冒頭で紹介された。

以降は木材細胞壁構造学の発展史で、1949年に電子顕微鏡が発明されるまでには、光学顕微鏡と化学分析法を駆使したSanioやBailey等の先達の研究が

あった。マイクロフィブリル傾角や壁孔の構造を観察した電顕写真は1960年代中頃には原田と Liese のいは状層の構造の議論に発展した。試料作製方法の発達の歴史が電顕観察を進展させ、1957年にはレプリカ法の分解能向上があり、一方では、超マイクロームにガラスナイフさらにはダイヤモンドナイフを装着することによって壁孔縁やトールスの超薄切片を得ることができるようになった。リグニンスケルトン法や新しいダイレクトカーボンレプリカ法による電顕観察の結果、細胞壁構造のモデルが提案されるに至った。ベスチャード壁孔の様な透過電子顕微鏡では観察が困難な対象もあったが、これも走査電子顕微鏡の発達によって容易に観察されるようになった。

木材微細構造の知識は、例えば引張あて材の毛羽立ちがゼラチン繊維に起因していることを明らかにすることになり、最近のセルロースマイクロフィブリルの結晶構造の研究に繋がっている。また、圧縮あて材の材質的研究への微細構造的手法の応用で細胞壁構造の変異や細胞壁構成成分の不均一分布などが明らかにされた。木材の腐朽形態の観察は、菌糸が分泌する酵素の研究や、木材中への薬剤注入の可視化に発展した。最近では、炭化木材の微細構造、細胞壁の形成過程、有縁壁孔の構造、樹脂鑄型法による空隙構造、セルロースマイクロフィブリルの結晶構造などの研究へと幅広く展開されている。

佐伯浩先生の「組織構造研究のあるべき姿」と題しての講演では、「40年の歴史は先生自身の研究の歴史と全く一致しているので、これを振り返ることは自分自身の研究を振り返ることである」と始められた。最初に、1.方法の前進、2.よりマイクロに分子レベルへ、3.材料科学的にマクロへ、4.組織・構造と機能との関連研究、5.組織・構造と材料の諸性質、加工・改質との関連追究の5点の推進・展開を図る姿勢が必要であると、あるべき姿が明確に示された。以下、従来の研究に批評を加えながら、先生のこれまでの研究を題材にしてこれからの研究に求められる姿・方向が示された。

観察・計量方法・手段については、透過電顕にはより高分解能、急速凍結法等の様なより原構造に近い姿での固定方法を常法化するような改革が求められる。走査電顕については、木材学会誌の総説(1990)にまとめたが、木質材料の構造研究への応用を含めた汎用性と超高分解能型による超マイクロな立体観察の方向での発展が期待される。光学顕微鏡では試料

作製方法の発達があつて、今後も活用される。画像解析では特にフーリエ変換法による形態計量に新たな可能性がでてきた。原子間力顕微鏡やレーザー顕微鏡などのニューマイクロスコプの活用も期待される。木部形成の分野では、形成層と木部分化の本質に対する理解の深さがポイントとなる。細胞の個体発生の細胞学的・生化学的解明、木部分化帯の三次元的把握、内生ホルモン等と関連した形成層活動の季節変化、木理等のマクロな木部形成、等々の方向での研究が必要である。木質細胞壁構造分野では、木質の基本としての木材の各種構成細胞の壁層構造が解明されてきたが、今後はそれを決定する要因解明が待たれる。また、セルロースマイクロフィブリルの結晶構造の解明が進んでいるが、今後は準結晶領域や結晶の長さ方向の構造や生合成および堆積機構の解明の方向で研究が進められるであろう。同時に、細胞壁の微細構造モデルの見直しが必要である。木部・樹幹の機能との関連分野では、あて材形成、水分通導の実体解明…特に道管のネットワークなどについての基礎的データの蓄積、心材化等に関する柔細胞の機能解明等の方向が望まれる。

全体として、材料科学における組織構造研究の役割を研究の前置きに据えるのみでなく、実際にこれを追究しているか否かを自己点検・評価し、研究を再構築すべきである。最後に、与えられた講演時間を超過しているので手短かに述べられたが、強く希望されたことは、研究会活動の再生・活性化である。組織と材質研究会が1958年に発足した時からの研究会員が深沢和三、佐伯浩両先生の退官で全て現役を引退したので、新しい世代で研究会の企画を研究会創立当時のように活発化し、さらに木材学会内の他分野や他学会との交流を広く進めていく必要がある。もちろん、国際的研究活動や交流も活性化の一つの方向である。

深沢和三先生の「顕微化学的組織構造研究の新しい展開」と題しての講演では、1955年の木材学会創立大会に初めて研究発表してから40年になるが、心材形成の細胞化学的研究を手がけようとしていた1963年にオリンパスの装置が導入されて顕微分光を始めたこと、端緒から始められた。しかし、リグニンを扱うのに必要な紫外線領域の顕微分光が可能になったのは1971年北海道大学に移ってからで、実際に測定が可能になったのはそれよりかなり遅れた。当時は、カナダ Goring 一派が活発にリグニンの紫外線顕微分

光による解析を展開していたが、後に Goring 先生の研究室に留学した時には、その装置はほこりをかぶっていた。先生自身が導入された紫外線顕微分光装置は、現在 2 代目が北海道大学で稼働しており、これまでに数多くの成果をあげてきた。今年 3 月には 3 代目が納入されたばかりで、まだ稼働していない内に退官を迎えて非常に残念であるが、後進の活躍を期待している。

北海道大学では農学研究科最先端設備費で、現時点では夢の装置と言っても過言ではない生物組織画像解析システムを導入したばかりである。今後の研究の進むべき方向を、このシステムを構成する各装置の紹介を通して示された。画像処理装置 IBAS, 蛍光による細胞内の物質の検出とその 3 次元構築が可能なレーザー走査顕微鏡 LSM410UV, 3 代目の紫外線顕微分光装置の MPM800, 赤外領域の顕微分光スペクトルを測定するための FTIR システム FTS50, その他に万能型生物顕微鏡, 高精度マクロカラー画像計測装置, 非接触型マイクロマンニピレーター, 凍結超ミクロトーム, 急速凍結装置, 高分解能型の走査電子顕微鏡 JSM6301F および低真空走査電子顕微鏡 JSM5310LV がそのシステムを構成している。残念ながら、筆者はそのあまりに贅沢な構成に呆気にとられ、その詳細な利用・応用方法およびその研究の方向については記憶に残っていない。しかしながら、これだけの新進の装置を揃えてそれらを自由自在に駆使出来る状況を現出し、後進研究者に研究分野およびその深さの可能性を拡大させたこと自体が、今後の研究に対する先生の理想を表している。

緒方健先生は「樹木の系統分類と材の識別」と題して、植物分類の基礎から個々の分類単位における樹種識別拠点となる木材組織的特徴の解説までを簡潔に講演された。まず、植物分類学の基礎となるのがさく葉であり、欧米諸国およびその影響を受けた国々においての蓄積が大きい。同様に、木材解剖学の基礎となるのは信頼できる木材標本であるが、国内の主要 3 機関の内、現在活発に運営されているのは森林総合研究所のみである。木材標本の収集の困難さ、および研究者の不足等が指摘される。

木材組織は、花や果実等の外部形態に比べると変化が少なく、植物の系統進化の過程では保守的形質と考えられている。従って、木材組織による樹種識別のレベルは、通常では属または節（属内のまとまった種の集団）に留まっている。逆転した発想では、

類縁の分類単位間では木材組織的特徴が共通していることが多いので、木材解剖学は節、属、科の分類に貢献できる。

木材識別は植物分類単位毎の木材解剖学的特徴の変異に基づいている。最初に、フタバガキ科では 3 亜科がそれぞれ東南アジア、アフリカ、南アフリカと地理的に隔離されている。木材中に樹脂道を持たないアメリカとアフリカに分布する亜科はフタバガキ科とは別の科に分類すべきとの意見もあるが、フタバガキ科の権威の Ashton は全体を一つの科とする考えを採っている。樹脂道を持つフタバガキ亜科内は、道管の複合、基礎組織の木部繊維の壁孔の形態、シリカの存在などの特徴によって、さらに属レベルにまで識別されることが OHP による一覧表と顕微鏡写真のスライドの両方を用いて解説された。二つめの事例は非常に多様な有用樹種を含むマメ科で、主に軸方向柔組織の分布の類型と多室結晶細胞の軸方向柔組織への随伴形態が特徴的である。講演時間が短いために準備された下記の事例紹介は省略されたが、植物分類学への木材解剖学の寄与の例として、スイカズラ科のツクバネウツギ属とイワツクバネウツギ属、フトモモ科のアデク属、ターミナリア、カナリウム等の木材解剖学からみた分類の見直しの事例を紹介される予定だった。この様な学術的な側面からの木材識別の講義が木材学会関連でなされることは希で、聴衆が聞き入っていたにもかかわらず、省略された。

最後に、木材解剖学的記載がなされていない樹種については、今後継続的に記載する必要がある、とくに日本産樹木を網羅的に記載した図鑑の作成が待たれると締めくくられた。

最後の講演者の R. W. Kennedy 先生は、本シンポジウムの司会（筆者）の遅れを救うべく、約 20 分間で予定された「将来の針葉樹材」と題しての講演内容を簡潔明瞭にまとめてお話し頂けた。なお、大会期間中に開催された IAWS の Academy Lecture においては、ほぼ同じ内容を約 50 分間をかけて詳細に講演された。

天然林からの原木供給の減少に伴って、短伐期の造林木が供給されるようになると、未成熟材の比率が増大する。樹幹内の比重変動パターンは、北米西海岸の主要な 5 樹種グループ間で異なっており植栽密度にも影響される。未成熟材部では樹齢とともに、仮道管長の増加、マイクロフィブリル傾角の減少、リ

グニン含有率の低下が進行して、成熟材部へと移行している。この様な未成熟材部での材質変化はパルプの品質にも影響を及ぼしている。

成熟材と未成熟材を肉眼的に的確に区別することは困難であるので、強度性能によるグレーディングマシンを採用することで適切なエンジニアリンググレードを可能にする。これによって、原材料の素材としての性質が変わろうとも、高品質の木製品を21世

紀においても引き続き供給することが出来る。そのためには、原材料をよく把握・理解すること、良質の原料を再生産すること、それらを的確に評価すること等が必要とされる。

最後に、やはり岡野健先生の言葉で締めくくりたい。「木材の組織・構造に解説はいらぬ。なぜなら、それは木材の学問研究のみならず、木材を活用していこうとするあらゆる分野の基礎だからである。」

物性・加工分野

京都大学木質科学研究所 井上 雅文

木材および木質材料の物性・加工の分野で高温・高圧水蒸気処理が注目され、それが木材の成分分離、透過性の改善、木質ボード類の製造時間の短縮と製品の寸法安定化、曲げ木や圧縮木材の寸法安定化などに効果的であることが示されている。本シンポジウムでは、木材の水蒸気処理に関する四つのテーマを取り上げ、それぞれの加工技術、木材の成分、構造、物性などについて検討された。講演の概要を以下に示すが、各研究の詳細については代表的な文献を付記しているの、それを参考にさせていただきたい。

「木材の透過性の向上」

金川 靖 (名古屋大学工学部)

木材の乾燥性や化学処理性を支配する因子の一つに透過性があり、これを改善する試みがなされている。すなわち、透過性の改善とは、木材中の水の通りを良くすることである。透過性改善の機構は、(1)材表面に多数の細かい穴を開け、木口面からの良好な透過性を利用する、(2)壁孔壁や細胞壁を破壊し、細胞間の連絡孔を新たに作り出す、(3)樹脂および沈着物を分解・除去し壁孔などの効果を増大させるの三つに大別される。これらに対応し、インサイジングや、菌類、バクテリア、酵素による生物的处理、圧縮、凍結、熱、水蒸気、低圧水蒸気爆砕処理などの物理的处理、薬剤を用いる化学的处理が開発されている。

環境問題や低コストなどの観点から、最近、低圧水蒸気爆砕処理が特に注目されている。これは、加圧水蒸気による木材の軟化とその後の瞬間復圧により、木材細胞を局所的に破壊して、木材の健全性を維持したまま、水の通り道を生成する方法である。木材を耐圧容器内に入れ、4気圧の水蒸気を外部か

ら15分間供給した後、瞬間復圧し、大気圧中に15分間放置する工程を3回以上繰り返すと、スギ黒心材などの透過性が顕著に改善される。また、高含水率の生材を処理すると、処理自体に脱水効果があるため総乾燥時間が極めて短縮される。

(参考文献) 金川 靖: 木材の透過性改善技術とその研究動向, 木材工業, Vol.48, No.5, p.212-216 (1993)

「木質材料の製造」

川井 秀一 (京都大学木質科学研究所)

パーティクルボードやファイバーボードの製造において、熱圧技術の一つに、上下の熱盤からパーティクルやファイバーマット中に高温高圧水蒸気を噴射する蒸気噴射プレス法がある。ボード製造時の熱圧時間は、一般に、接着剤の硬化特性とマット中心部の温度上昇速度によって決定される。従来の熱盤プレス法では、熱盤からの熱伝導によってマットが徐々に加熱される。それに対し、蒸気噴射プレス法では、噴射された水蒸気は瞬時にマットの中心部に達し、マット全体が接着剤硬化温度にまで急加熱されるため、熱圧時間の大幅な短縮が期待できる。イソシアネート系樹脂を接着剤として用い、厚さ20mm、比重0.4および0.6のボードを製造するには、通常の熱盤プレス法では、5分間以上の熱圧時間を要するのに対し、蒸気噴射プレス法では、およそ1分間の熱圧で十分な接着結合力が得られる。

蒸気噴射プレス法は、厚物の製造にも有効である。4気圧の水蒸気を噴射する場合を想定した数値解析によるシミュレーションでは、厚さ100mmのボードを製造する場合でも、60秒足らずの水蒸気噴射でマット中心温度は100℃に達する。したがって、イソシ

アネート系樹脂を接着剤として用いるならば、2分間以下の熱圧で厚さ100mmのボードの成板が可能であることが予測される。

蒸気噴射プレス法で製造したボードは、曲げ性能が若干低下する反面、はく離強度の向上が著しく、寸法安定性も若干向上する。さらに、ボード側面の平滑性や木ネジ保持力が改善されるなど、家具用途に適した性質を具備している。

この他、蒸気噴射プレス法が木片セメント板の迅速硬化にも、極めて有効であることなどが報告された。

(参考文献) 川井秀一ら：蒸気噴射プレス法，木材工業，Vol.42，No12，p.562-565 (1987)

「木材丸太の成形」

棚橋 光彦 (岐阜大学農学部)

木材は、水分と熱の作用で軟化し、破壊するまでの変形量が著しく大きくなる。また、木材は繊維方向に細長い中空の細胞から成るため、直角方向に圧縮することは容易である。曲げ木や圧縮木材など、木材を変形させて利用する場合、資源を有効に利用できるばかりでなく、強度的にも有利である。変形したまま乾燥すると、変形は一時的に固定されるが、これは水分と熱の作用でほぼ元の形状に回復することが知られている。

種々の化学処理によって、木材の軟化あるいは変形の永久固定が試みられているが、高圧水蒸気処理は、両者を同時に行えるなどの観点から、最近、特に注目されている。たとえば、耐圧容器中で、10気圧程度の高圧水蒸気を供給しながら、木材を変形させ、しばらく放置すると、寸法安定な曲げ木や圧縮木材が得られる。また、丸太を繊維と直角方向に2軸方向から圧縮すると、切削しなくても角材を作ることができる。この角材は、強度性能に優れ、角は軟らかいが、面は硬く、煮沸しても形状は変化しない。

この他、表面加飾、ログハウス用成形角材、圧縮成形によるトラス部材、成形材を用いたバス停、小

径丸太や枝を束ねて四角に圧縮成形した集成材などの製造についても紹介された。また、レーヨンの布が水蒸気処理によって形状固定できることから、変形固定の機構はセルロースの構造変化に基因すると報告された。変形固定の機構については、質疑応答でも取り上げられ、討論された。

(参考文献) 棚橋光彦：木材の高温高圧圧縮化技術，生研報告，No38，p.36-64 (1994)

「圧縮木材の製造」

井上 雅文 (京都大学木質科学研究所)

圧縮木材の寸法安定化処理として、水蒸気処理が有効である。しかし、従来の水蒸気処理では、反応装置が複雑で、外部から水蒸気を供給するため、処理材の寸法制限や処理ムラが生じる場合がある。そこで、木材の含有水分に着目し、ホットプレスを用いた簡便な処理によって、短時間で均一に圧縮変形を永久固定する新しい加工方法が提案された。これは、ホットプレスで木材を横圧縮、加熱する際に、サンプルの周囲を密閉し、木材中に水分を閉じこめて行う熱処理である。

処理材を吸水、煮沸して変形の回復を調べたところ、従来の高圧水蒸気処理に匹敵する効果が認められた。また、全乾状態の試験片では処理の効果が現れないことから、加熱中の水分が回復抑制に影響を及ぼしていることは明らかである。

本加工方法の特徴は、(1)短時間で変形回復が抑制される。(2)処理材の寸法に制限を受けない。(3)処理材の強度的性質や視覚的性質の変化は比較的小さい。(4)処理材の含水率およびその分布は、低く均一に保たれている。(5)薬剤を使用しないため、作業環境が清潔で、得られる製品も無害である。

この他、高周波加熱の応用、ベルトプレスを用いた連続加工法、各種木質材料(強化LVL, PSLなど)への応用についても紹介された。

(参考文献) 井上雅文，他3名：木材中の水分を利用した水熱処理による圧縮変形の永久固定，木材研究・資料，No.29，p.54-61 (1993)

強度・木構造分野

森林総合研究所 木材利用部 小松 幸平

1. はじめに

日本木材学会の40周年記念事業の一環として、第

45回大会の初日の4月6日に六つのテーマに分かれて分野別シンポジウムが開催された。強度・木構造

分野のテーマは「国産造林木の大規模木構造への活用—現状と今後の課題—」というものであった。

他の分野においては、今回の機会を最新研究情報をレビューする場と位置づけた所もあったようであるが、我々の属する「強度・木構造分野」では、できるだけ実務的な面から国産造林木の大規模木構造への利用状況を業界の側から紹介してもらうことを目的と考えた。そのため、昨今の国産材を取り巻く厳しい環境にも拘らず、敢えて国産材にこだわって大規模木構造に挑戦されている国内の主要集成材メーカーのトップに直々の話題提供をお願いした。最終的にお引き受け下さった講師の方々と講演テーマは以下の通りである。

- 1) 西田 誠 (サンモク工業)：道産針葉樹の大規模木構造への利用
 - 2) 坂本多加雄 (銘建工業)：四国，中国地方における国産材の大規模木構造への利用
 - 3) 佐々木幸久 (山佐木材)：九州地方における国産材の大規模木構造への利用
 - 4) Dr. Andrew Buchanan (N.Z.カンタベリー大学土木工学科)：ラジアタパインの木質構造への利用
- ・総合司会：安藤直人 (木質住宅研究所)

2. 講演の概要

西田氏からは、最初に北海道における森林資源の備蓄状況について具体的な数字を挙げて説明があり、引き続き同社が集成材の製造並びに一部施工に携わった大規模集成材構造物の事例紹介がOHPとスライドを用いて行われた。

サンモク工業(北海道砂川市)は、集成材総合企業(設計、製造、施工管理含むゼネコン的機能を有する木構造企業という意味で著者が勝手に命名した)の我が国最大手の一つである三井木材工業(株)の集成材を製造する老舗の集成材メーカーである。これまで、道産針葉樹であるエゾマツ・トドマツをラミナとする集成材を用いた数々の大型建築物を手がけており、最近では道産カラマツの利用にも積極的である。

写真1は平成7年3月に完成した森林総研新研究棟である(建設中の姿)。意匠・構造は梓設計、集成材構造建て上げ指導は三井木材、北海道産カラマツ大断面集成材およびカラマツ集成材によるトラス構造の製造はサンモク工業による。

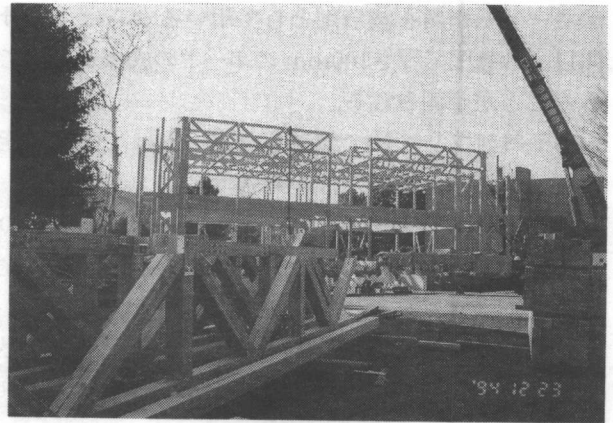


写真1 道産カラマツ集成材を用いた森林総研新研究棟の建設風景

銘建工業は岡山県勝山町に位置し、四国・中国地方を代表する集成材メーカーである。集成材の製造はもとより、最近では集成材構造物の設計、施工までを一貫して手掛けることも多い。坂本氏からは、同社が手がけたスギ集成材を用いた大規模木構造の紹介や、木橋の設計、施工事例等が報告された。

写真2は同社が集成材の製造、実施設計並びに施工まで全てを担当した愛媛県広田村の「神の森大橋」の施工状況である。この橋の主要メンバーには地元広田村産のスギが使われ、水溶性防腐剤をラミナの段階で注入し、再び乾燥して大断面集成材に積層接着するという手法が採用された。

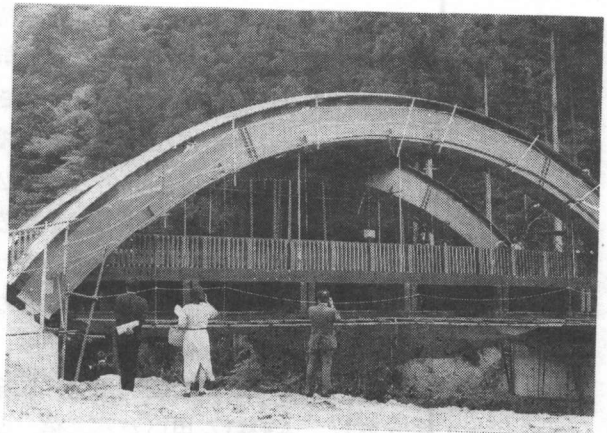


写真2 愛媛県広田村産スギ大断面集成材を用いた「神の森大橋」の架設状況

山佐木材は鹿児島県肝属郡に位置する。集成材メーカーとしては後発組であるが、独自のメカトロニクス技術を生かして、現在では九州を代表する集成材メーカーに成長している。特に、スギをターゲット

トにして JAS 規格を取得した最初のメーカーでもある。佐々木氏からは、国産材（スギ）を利用する上でのメリット、デメリット、スギ大断面集成材の実験データ、スギ大断面集成材の今後等について具体的なデータが示された。最後に最近同社が手掛けた幾つかのユニークな集成材構造物がスライドで紹介された。写真3は同社が設計・集成材製造・施工を手がけた「県民の森屋外ステージ」の正面で、九州産のスギ大断面集成材が使われている。

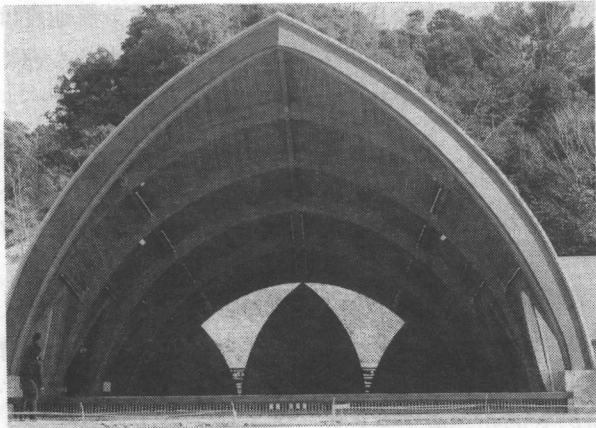


写真3 南九州産スギ大断面集成材を用いた「県民の森屋外ステージ」(鹿児島県始良郡)

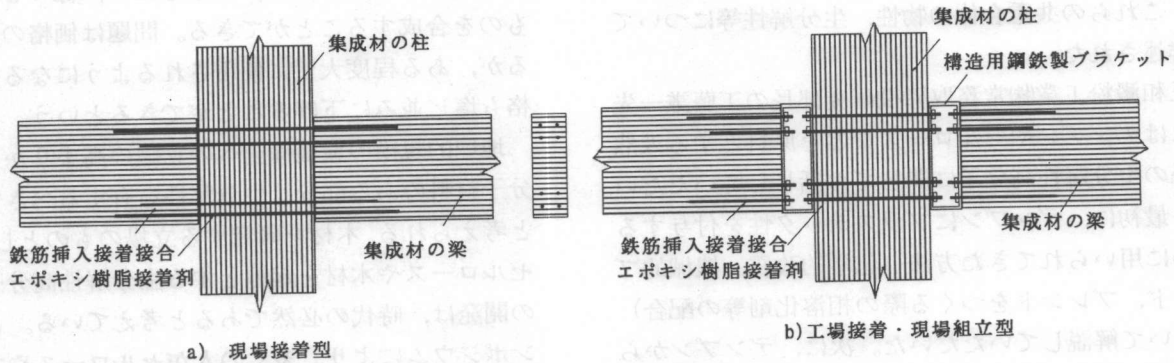


図1 エポキシ充填鋼棒接合法による集成材柱梁モーメント抵抗接合部

Buchanan氏はNZカンタベリー大学土木工学科の教授で、今回の講演者の中では唯一集成材の製造サイドからの発言ではない。しかし、元来構造設計家でもあり、木材強度（ビーム・コラム理論）、木構造の耐震設計法の研究、木構造の防耐火設計法の研究、そして最近ではCO₂問題の論客として有名である。

氏にとっての国産材とは勿論NZのラジアタパインを指す。講演ではNZラジアタパインの総合的な木質構造への適用事例の紹介と、最近カンタベリー大学土木工学科が力を入れているエポキシ充填鋼棒接合法によるモーメント抵抗接合等の耐震構造要素の実験等がスライドで紹介された。図1はBuchanan氏の発案によるエポキシ充填鋼棒接合法による多層集成材構造向け柱-梁モーメント抵抗接合部の概念を示す。

化学加工・接着分野

東京大学農学部 竹村 彰夫

第45回日本木材学会大会は、日本木材学会40周年記念大会として例年より1日多い、4日間の会期で行われた。大会初日の午後、40周年記念事業の一環として、六つの研究発表分野で記念大会に相応しい

シンポジウムを行った。

化学加工・接着分野では京都大学の白石信夫先生が企画責任者となり、『生分解性高分子』のテーマで4人の講師の先生を招いて、以下のような講演をお

願いした。

(1) 「生分解性高分子に関する最近の動向」

土肥義治 (理化学研究所)

(2) 「天然物系の生分解性高分子材料に関する最近の動向」

工藤謙一 (三和澱粉工業)

(3) 「セルロースアセテートの生分解性ならびに関連する生分解性プラスチック (Biodegradability of cellulose acetate and preparation of the related biodegradable plastics)」

C. A. Buchanan
(Eastman Chemical Co., Research Lab.)

(4) 「ポリ乳酸の新しい合成法と生成ポリマーの物性」

川島信之 (三井東圧化学工業)

生分解性高分子といえば必ず理化学研究所の土肥義治先生の名前が出てくるが、先生は発酵合成されるポリエステルでの第一人者である。先生には、高性能および長期安定性を求めて開発されたプラスチックの廃棄に関する諸問題、それらを解決すべく実用化に進んでいる生分解性高分子についての総括をしていただいた。次いで、先生のご専門の共重合ポリエステルの発酵合成についてのお話をいただいた。最も代表的な生分解性ポリエステルはポリ3-ヒドロキシブチレート: P(3HB)であるが、固く脆いために利用が限られていた。先生のグループでは炭素源に酪酸と吉草酸を用いることにより、3HBと3HV(3-ヒドロキシバリレート)の共重合体を様々な分率で自由に発酵合成できることに成功した。これらの共重合体の物性、生分解性等についての詳述された。

三和澱粉工業(株)常務取締役研究部長の工藤謙一先生にはデンプンやセルロースなどを原料とする天然物系の生分解性高分子に関してお話ししていただいた。最初に、デンプンにプラスチック性を付与するために用いられてきた方法(化学的改質、機械的ブレンド、ブレンドをつくる際の相溶化剤等の配合)について解説していただいた。次に、デンプンからできる実際の製品として、発砲ポリスチレンの代用品としてのバラ状緩衝材、食品用トレイ、熱可塑性プラスチックの加工技術が応用できる(ポリエチレンあるいはポリビニルアルコールとの)ブレンド等の紹介をしていただいた。

米国イーストマン・ケミカル(株)研究所のチャールズ A. ブキャナン博士はセルロースアセテートが生分解性高分子材料であるという内容の講演をしていただいた。セルロースアセテートは従来生分解性があるとは考えられていなかったが、アセチル基にC-14を導入し、分解中に発生した炭酸ガスはラベルされたものと分析された。すなわち、最初にアセチル基がはずれてセルロースとなった後、セルロースが生分解するというものである。コンポストによる生分解性を研究したところでは、他の生分解性高分子材料に比べてセルロースアセテートの生分解速度は引けを取らず、条件によってはP(3HB)よりも速く生分解することがわかった。セルロースアセテートに生分解性があり、それも相当良好な生分解性を示すということで、我々林産物を扱う研究者として、大きな味方を得たような気持ちにさせられた。この分野での将来的な発展に大きく期待したい。

最後に、三井東圧化学工業(株)の川島信之先生に、ポリ乳酸の新しい合成法とその物性について、ご講演していただいた。ポリ乳酸は直接重合では高分子量のもので合成できなかったため、今まで環状ダイマーから合成していた。川島先生らのグループはモノマーから高分子量のポリ乳酸の直接重合に成功した。今までは共重合した場合、いわゆるブロックタイプのものしか合成できなかったが、この方法によると、ランダム共重合ができるため、様々な物性のものを合成することができる。問題は価格の面であるが、ある程度大量に使用されるようになると、価格も塩ビ並みに下げることができるという。

地球的規模の環境保全への意識の高まりから、高分子材料のある部分は生分解性を有するべきであると考えられる。木材を研究する立場のものとしては、セルロースや木材を起源とする生分解性高分子材料の開発は、時代の必然であると考えている。このシンポジウムにより、多くの人がセルロースや木材からの生分解性高分子材料のあり方、考え方について指針を得ることができたと考えられる。その意味で、このシンポジウムを企画された白石先生、筑波大学の富田文一郎先生にこの場を借りてお礼を申し上げたい。

バイオマス・パルプ・製紙分野

東京大学農学部 飯塚 堯介

環境に調和したパルプ製造

コンピュータシステムの進歩した現在においても、情報伝達媒体としての紙の果たす役割はいささかも減ずるものではなく、我々の文化的な生活にとって今後とも必須の役割を保持していくものと考えられる。しかし、紙製造量の世界的な増大とともに、原料木材、排水、古紙などの多様な面で、紙パルプ産業と環境問題との関わりが指摘されてきている。とりわけパルプ漂白工程から排出される漂白排水の環境に対する影響には大きな懸念が寄せられており、抜本的な漂白技術の検討が世界的規模ですすめられている。すなわち、問題の元凶である漂白剤としての分子状塩素の使用を大幅に減じ、あるいは廃止し、さらに塩素系漂白剤全体の使用をやめ、代わって酸素あるいは酸素系薬品の使用を大幅に増大させるなどの様々な漂白工程の改善がその内容となっている。

現在指摘されている諸々の問題を解決し、環境に調和したパルプ製造技術を開発することが、21世紀の紙パルプ産業の発展にとって不可欠といっても過言ではないだろう。このシンポジウムでは、国内3名、海外1名の演者にこの分野の研究開発の現状、世界的な動向を中心に講演して頂いた。演題と演者を以下に記す。

(1) 新しい漂白技術の基礎化学

細谷修二 (森林総合研究所)

(2) バイオ漂白技術の現状と可能性

近藤隆一郎 (九州大学)

(3) 最近の環境問題とパルプ製造技術の動向

鈴木正幸 (三菱製紙)

(4) 北欧における排水問題と漂白技術の動向

Peter Axegård (スウェーデン, STFI)

細谷修二氏は、最近の漂白工程の改善によって当初指摘されたダイオキシン問題は概ね解消したと考えられるが、依然として漂白排水中に存在する有機塩素化合物の環境に対する影響に注目する必要があることを指摘するとともに、非塩素系漂白剤に関する最近の研究開発の動向およびその基礎化学を紹介した。新しい漂白剤としては、過酸化物の一種であるジメチルジオキシランおよび過酸の一種であるパーオキシモノサルフェートについて述べるとともに、氏が従来から検討をすすめている硝酸塩添加酸処理漂白法の可能性について紹介した。

近藤隆一郎氏は白色不朽菌のもつリグニン分解力を利用した、いわゆるバイオ漂白が最も環境に適合した漂白法の一つとして注目されてきた従来の経過を紹介するとともに、その実用化における問題点を明らかにした。リグニン分解に関与する酵素としては、ラッカーゼ、リグニンペルオキシダーゼ(Lip)、マンガンペルオキシダーゼ(Map)が主要なものとして知られているが、それらの中で、特にMap活性とパルプの白色化との関連の重要性について、最近の同氏らの結果を中心に紹介した。将来のバイオ漂白の可能性については、多様な酵素系が内在する生菌によるものよりも、特定のリグニン分解酵素によるものが有力ではあるが、当面は過大な酵素の生産コストのため実現性に乏しいとした。

鈴木正幸氏は環境問題との関連で、世界的に注目されているパルプ漂白法についての動向を、北米におけるそれを中心に紹介した。米国においては1993年にEPAにより提示されたクラスター規則の動向が注目されているが、それに対する米国製紙業界の取組みを、短期的および長期的な視点から取りまとめた。とくに、いずれにしても今後パルプ工場の無塩素化(クロールフリー化)は進行していくとの認識のもとに、米国ではTCF(トータルクロールフリー)よりも、二酸化塩素への完全置換によるECF(エレメンタリークロールフリー)化を経て、最終的にはクロードサイクルをベースとしたMIM(Minimum Impact Mill)の実現に向けて行くことになろうとした。さらに、このような北米あるいは北欧での動向を踏まえ、我が国も固有の諸条件に合致した独自性のある技術を開発して、MIMを構築することを提言した。

最後にスウェーデン紙パルプ研究所(STFI)のPeter Axegård氏は、スウェーデンを中心とした北欧諸国におけるパルプ漂白法の変遷について、最新のデータをもとに紹介した。スウェーデンにおけるパルプ漂白技術の改善は、1970年代に最初の検討が始められたのち、1985年頃には第二段階として漂白排水中の有機塩素化合物の低減を目的として、二酸化塩素置換の増大、過酸化水素、酸素の利用が積極的に進められるようになった。そして、1990年以降既にいわゆる第三段階に入っており、クラフト工場の80%でECFによる漂白が実施されているという。現在の主要な

課題は TCF 化であり、すでに20%を占めている TCF 漂白が今後急速に増大し、最終的には工場のクロード化に進むであろうとした。いずれにしても、現

在すでに漂白剤としての分子状塩素の使用は行われていないとの報告には、北欧諸国における環境問題に対する意識の高さを痛感させられた次第である。

資源・環境分野

京都大学木質科学研究所 今村 祐嗣

この分野では、森林総合研究所の志水一允氏および熱帯林再生技術研究組合の香山 彊氏の司会で、世界的にみた森林資源の現況と今後の展望および利用面について環境問題と関連して報告と熱心な質疑が行われた。

まず、『ブラジルにおけるパルプ用ユーカリ造林』について、日伯紙パルプ資源開発(株)の大淵弘行氏が報告した。

日本とブラジルとの間のユーカリパルプに関する共同プロジェクトは1969年にさかのぼることができるが、紆余曲折を経て1973年に日伯紙パルプ資源開発(株)が調査会社として発足し、ユーカリパルプの生産を目指してセニブラ社が設立された。その後、植林研究プログラムが積極的に進められ、ユーカリ属のなかで *E. grandis* が際立って安定した成長を示し、病虫害にも強い適地適木であることがつきとめられた。平均の成長生産性は日本の広葉樹の6~8倍といわれている。ミナスジェライス州を中心に植林が進められたが、当初のプロジェクトでは、新規の植林を7年後に伐採した後、2回にわたり萌芽更新を行い、合計3回収穫して再び造林することになっていた。しかし、最近では、2回目の萌芽更新による収穫は当初の植林収穫の半分しか期待できないこと、あるいは育種改良によって優秀な種がでてきていることから、新植・1回萌芽・再植のサイクルに変えられている。過去に放牧が行われた荒廃地などへ積極的に植林を行い、環境問題に対処している。

ついで、住友林業(株)の小林紀之氏が、『熱帯材の持続的利用』と題して、熱帯林の現状、東南アジア産地国の現状、インドネシアの林業政策、需要動向、国際的な取り組み、わが国の民間企業での海外造林の現状、などについて報告した。

とくに、住友林業(株)が手掛けている熱帯林再生への取り組みについて興味ある話題を提供した。これは、東カリマンタン州で行っている実験林プロジェクトで、山火事や焼畑跡地を元の生態系に近い形に戻すことを主眼とした技術協力であり、3,000haの実

験林を設け、在来種であるフタバガキ科や早生樹、果樹等の植栽が1991年から始まっており、熱帯林再生技術研究組合の海外実験地の指定をも受けている。20種のフタバガキ科の木が現在までに合計100ha以上、20万本が植林され、今後間伐材や樹種別の特性も検討される予定である。また、チークやスンカイ、あるいはグメリナが経済性に重点をおく中短伐期の植林木として試みられている。これについては、用材としての加工利用試験にも取り組みたいということである。地元住民の生計に役立つアグロフォレストリーとしては、マンゴ、ドリアン、カポックなどがフタバガキ科と混植され、その造成技術が検討されている。

わが国の民間企業での海外造林の現状としては、製紙会社関係が13プロジェクトあり、その造林面積は13万 ha に達している。また、1991年に設立された熱帯林再生技術研究組合には、現在10社が参画しているということであった。

次に、“Solvent Pulping in North America”と題して、Repap Technologies Inc.の Jairo H. Lora氏が講演した。

パルプ化工程に関して近年、世界中で solvent pulping process (オルガノソルブパルプ化法) が研究開発され、1980年代にはパイロットプラントもつくられた。このなかで、エタノール水溶液を用いて蒸解する ALCELL®法は完全な商業規模の生産システムになりつつある。

この工程によると、漂白性の良いパルプが得られ、TCF (Totally Chlorine Free) 漂白法を用いた場合でもクラフト法より高い白色度のパルプが得られる。広葉樹パルプに関していえば、高い取率、すぐれた不透明度、低い抽出物量と金属量、高い強度、などの特徴を備えており、クラフト法と競合しうるものである。また、排出されるリグニンはフェノール系樹脂の原料としての応用が可能であり、さらに、光や微生物分解性をもったフィルムやその他の高分子材料に利用されている。その他の副産物としては、

フルフラールや酢酸もあげることができる。Alcell Technologies Inc. では、400トン/日スケールの工場を建設中で、1997年の操業開始を予定している。

最後に、森林総合研究所の加藤 隆氏が、『環太平洋における森林資源の現状と動向』と題する発表を行った。

北米の事情に関しては、米国北西部における連邦有林の伐採大幅削減が保護区の拡大などによりほぼ確実にようになってきており、一方、サザンパインの供給増を続けてきた南部においても、小規模私有林面積の減少や手入れ不足、虫害の発生などによって供給量減少の可能性がでてきた。カナダBC州においても、伐採許可量の再評価や保護地区の拡大などで供給量が下方へ修正されつつある。しかし、BC州内陸部やアルバータ州からの製品輸出は増大するものとみられている。いずれにせよ、資源的には天然林から二次林さらに人工林への変化、あるいは社有林などでも環境重視の運営を必要とされる現状から収穫圏が拡大を余儀なくされており、製品製造面では大きな設備投資を必要とする木質ボード関連の製造ラインが増加してきていることから、資源と製品の両方で大手企業への集中化の傾向がみられる。

ロシアにおいては、経済混乱が林産活動をも直撃しており、生産活動は今や20～30年前の水準にまで落ち込んでいる。輸送費の高騰や地域林産業複合体の解体などによって、資源利用が不効率になっているが、また、国営企業の民営化についても経営の合理化などの体質の改善はあまり目に見えて出てきていない。天然資源の管理権限を地方へ委譲することに関しても、大きな流れとしては間違いないにしても現状では依然として不透明である。一方で、森林の保全と再生への取り組みの遅れが心配されている。欧米の環境保護団体からの運動も始まっているが、シベリアの森林の開発が持続可能なやり方で進められるのかどうか、わが国としても組織的に考え行動する時がきているようだ。

その他、ニュージーランドでのラジアータパインの植林地経営の民営化についても話題提供がなされた。

森林資源と環境に関する問題は、木材学会はもちろん当協議会の活動のなかでも基本に横たわる課題であり、今後ともつねに多面的に検討していく必要がある。多くの機会をとらえてこの分野の討議が深められていくことを期待したい。