

日本木材学会九州支部

ISSN 1343-912X

Wood Science in Kyushu

9 卷 4 号

2002

木 科 学 情 報

シリーズ “森林資源利用と地球環境”

建設資材リサイクル法の施行に伴って  
森田 光博・・・47

日本木材学会九州支部大会を終えて  
井上 正文・・・51

研究発表動向 物理・工学分野  
藤元 嘉安・・・52

研究発表動向 化学・生物分野  
清水 邦義・・・54

黎明研究者賞を受賞して  
一本木智敬, 大内成司, 森園眞子・・・55

〔研究論文〕

スギ心持ち柱材の高温低湿乾燥における  
含水率変化  
小田久人・蛭原啓文・迫田忠芳・・・58

SSTの部分横圧縮強度性能  
占部達也・井上宏夫・・・60

“トピックス”

CNCルータによる木材および木質材料の高精  
度自動加工を目指すシステムの開発  
大内 毅・・・62

<http://rinsan.wood.agr.kyushu-u.ac.jp/>

## シリーズ “森林資源利用と地球環境”

### 建設資材リサイクル法の施行に伴って

森田 光博

このシリーズの8巻4号には「ごみから資源へ・廃棄物処理の動向」のテーマで近藤先生が一般廃棄物の現状、資源化技術等について詳説されている。ここでは、産業廃棄物について述べる。

平成14年5月より施行された「建設資材リサイクル法」は住宅の分別解体を義務づける法律であり、正式には「建設工事に係わる資材の再資源化等に関する法律」といい、建設廃棄物の不法投棄を防止するために処理責任を明確化し、かつ循環型社会の構築を目指して再資源化を促進することを目的としている。

本法律の背景には、廃棄物の総排出量約4億5千万トンの約9割(3億9980万トン)が産業廃棄物であり(平成11年度実績、環境省調査)、さらに最終処理分(埋立処理分)が5千万トン(同上実績)に達し、最

終処分場残余容量(1億8400万トン)はわずか3.7年分しかない現状での廃棄物の減量を目指している。建設業では、ゼネコンが発注者と契約を交わし、「元請け」となり、工事竣工までのマネージメントを一括して行い、工事に伴って発生する廃棄物は工事の実際を担当する「下請け」、「孫請け」の会社が排出することが多い。従来の廃棄物処理法ではリサイクルを含め適正処理を定めているが、廃棄物については排出事業者の元請け責任が規定されているのみであり、発注者には廃棄物の流れを管理するチェック体制が整っていない場合には、廃棄物処理責任の所在が不明確になる傾向があった。

今回の法律では、対象となる廃棄物はコンクリート、アスファルト、木材に限られているが、次節で述べるように、これらが建設廃棄物の大部分(83%)を占め

ている。発注者には分別解体義務、受注者には再資源化義務が課せられ、従来の焼却処理や埋立処分から、リサイクルを促進する考え方を進めているところに特徴がある。また、受注者の自社処分についても発注者に報告を義務づけて管理が強化されている。さらに、受注者や自主施工者は、分別や解体の計画を都道府県に届け出るよう義務づけられた。

### 産業廃棄物の現状

産業廃棄物の排出量を表1に示す(平成11年度実績)。建設業からの排出量は7600万トン(19%)を占めている。建設廃棄物の品目別排出量はコンクリート塊3500万トン、アスファルト・コンクリート塊3000万トン、建設発生木材500万トン、建設汚泥800万トン、建設混合廃棄物500万トン、その他200万トン(平成12年度国土交通省調査)であり、建設発生木材は6%を占める。

表1 産業廃棄物の排出量 (単位万トン)  
(平成11年度実績、環境省調査)

農業	9,200	23%
電気・ガス・熱供給業・水道業	9,000	23%
建設業	7,600	19%
パルプ・紙等製造業	2,600	7%
鉄鋼業	2,500	6%
鉱業	1,800	4%
その他	7,200	18%

さらに、産業廃棄物不法投棄量は年間約40万トンに達するが、そのうち建設廃棄物は約6割の24.1万トンであり、木くず類の不法投棄量は9.7万トン(建設廃棄物の40%)に達する。

上記の建設廃棄物の排出量は平成7年度に比べて14%程度減少し、特に、最終処分量は4100万トンから1280万トン(産業廃棄物処分量の26%)へと大幅に減少している。これにはコンクリート・アスファルト塊などの再利用の拡大が寄与している。

また、法律の対象となる建設副産物のリサイクル状況は平成12年度調査において、アスファルト、コンクリート塊等のがれき類の再資源化率が全国的にほぼ100%近い値になっている(表2)。これは再生路盤材や再生骨材等として積極的にリサイクル使用

されている結果である。一方、建設混合廃棄物、建設発生木材の再資源化率は低く、それぞれ9%および38%である。建設混合廃棄物は建築物の解体工事で発生する、ガラス、プラスチック、紙、ボード等を現場で分別されないままに「混合廃棄物」として排出されるためである。また、建設発生木材については木材価格の安値安定化による需要の低迷、および減量化のため焼却処理されていることによる、と考えられる。なお、九州地区における再資源化率は全国レベルよりもさらに低く、この面での立ち後れが見られる。

表2 建設廃棄物の再資源化率(%)

	年 度	全 国	九 州
建設廃棄物 全体	平成7年度	58	37
	平成12年度	85	83
アスファルト・ コンクリート	平成7年度	81	59
	平成12年度	98	96
コンクリート塊	平成7年度	65	41
	平成12年度	96	92
建設混合 廃棄物	平成7年度	11	4
	平成12年度	9	4
建設発生 木材	平成7年度	40	23
	平成12年度	38	22

### 産業廃棄物排出量の将来予測

全国の産業廃棄物の排出量は図1の通り、今後徐々に増加すると予想されている。特に、2020年度には建築物の解体による廃棄物の排出量は2000年度に比べ55%増加すると予測されている。

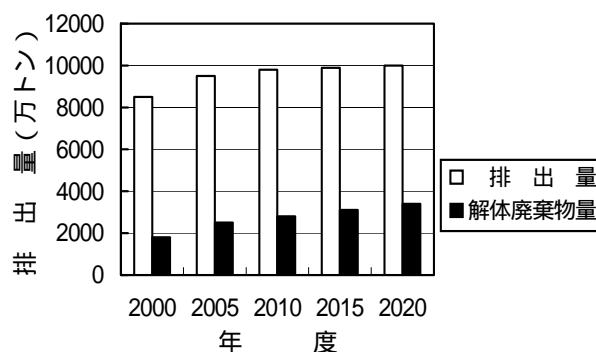


図1 建設廃棄物排出量の将来予測

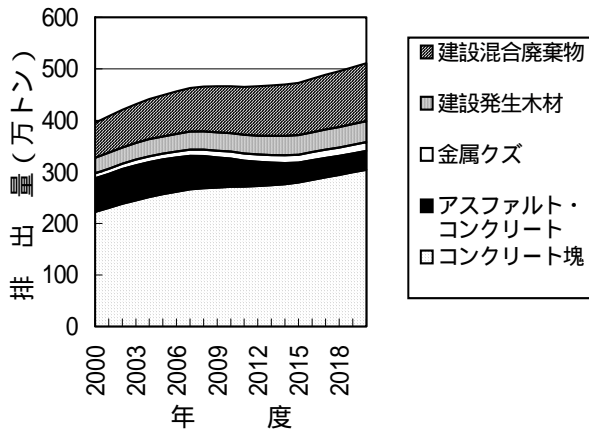


図2 福岡県下における建設廃棄物排出量予測  
(平成13年度福岡県リサイクル総合研究センター委託事業報告書)

建築物の解体による建築廃棄物の発生が増加すると見込まれている(図2)。木くずの将来予測値で福岡県での建設廃棄物排出量を図3に示す。なお、これらの数値予測は建築床面積や建築物の寿命などを考慮して推計されている。高度成長期に急増し、2020年には40万トン発生するとされ、また、木造建築物の解体工事からの排出量が木くず排出量の50%を占めると推測されている。これらをリユース、リサイクルで活用する技術の確立が重要になってきている。そのための中間処理施設として、木材の破碎処理施設の拡充が望まれる。

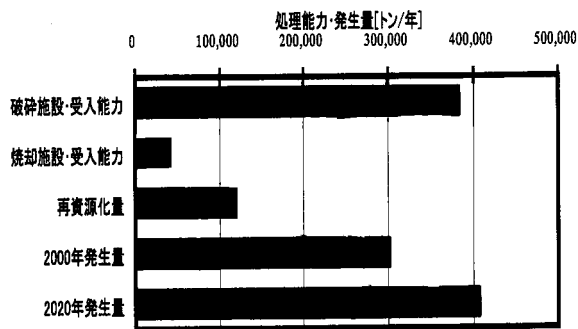


図3 福岡県下の木くず処理施設と発生量との関係

## 廃棄物のリサイクル

国土交通省の廃棄物処理法については、リユース、マテリアルリサイクルを優先的に考え、サーマルリサイクルはこれにつぐとしている。このことから、木質廃材のリサイクルのため、パーティクルボードをはじめとする各種のボード類への転換、マルチング材、土壌改良材、プラスチック混合成型物、炭化処理による炭としての利用などが考えられ、開発研究が進ん

でいる。建築物の解体がこれまでの重機を用いてのミンチ解体は減少し、木質廃材の利用は現状よりも容易となると期待される。しかし、これらのマテリアルリサイクルからの製品が海外からの輸入品に比べ品質および製品価格面で太刀打していくには困難を伴う。また、分別収集されたとしても廃棄物であることから塗料、プラスチックなどの混入が予想され、マテリアルリサイクルには困難な場合がある。従って、当面はサーマルリサイクルにより、熱・電気としての利用法がより進むと思慮される。サーマルリサイクルには1)直接燃焼させる、2)エネルギー化しやすい成形燃料あるいは液体燃料等の2次製品を作り出す方法がある。これらには、バイオマスの油化、嫌気発酵やその他の微生物を利用したガス、メタノール、エタノール等の生産などが検討されている。

## バイオマスのサーマルリサイクル

製糖や紙・パルプで産業は、これまでボイラーを用いて電力・熱生産をおこなっていきっている。バイオマス燃料として木質残廃材、サトウキビやその他の農業残滓のほか、家庭ゴミや産業廃棄物まで、様々なものを使うことができ、この燃焼技術はかなり定着している。しかし、産業廃棄物の燃焼には現在の大気汚染防止法やダイオキシン類対策特別措置法の下では設備の大型化・高性能化が要求され、また、残さの灰の処分問題も生じる。

## バイオマスガス化による発電

循環流動層(CFB)によるガス化の第一の長所は、木質廃材のようなより安価な燃料を高価な化石燃料の代わりに使える点である。最近、廃棄物焼却の世界ではガス化、あるいはガス化溶融という技術が開発されている。これは燃料化としてのガス化というよりは、むしろ廃棄物処理としての問題となるダイオキシン対策、あるいは燃えた後の灰の処理で考えられたものです。廃棄物焼却の場合、灰から重金属が溶出する可能性があり、最終処分場に焼却灰として埋め立て処理される。ガス化法では、重金属の溶出の問題に対する対策として、500~600 でガス化し、後段側でダイオキシンの発生はないという温度まで上げられます。大体1,000 以上でガスは燃焼させ

られます。これによって、珪素などの灰が溶融し、それがスラグとなって下へ落ちます。このスラグに重金属が取り込まれるため、重金属は固化されます。同様に、NO<sub>x</sub> や SO<sub>x</sub> の排出も劇的に削減することができます。

常圧 CFB ガス化のプロセスを紹介する(図4)。

常圧 CFB ガス化システムは、反応器(reactor)、ガスから循環層の材料を分離するためのユニフロー・サイクロン、そして循環物質をガス化炉の底に運搬するためのリターンパイプからなっている。高温の生成ガスが、ユニフロー・サイクロンからサイクロンの下にある空気予熱器に流れ込む。ガス化に用いる空気は、空気分配格子(air distribution grid)を経て反応炉の底部へ入り込み、流動層の中で粒子を流動化させる。この段階では、流動層が拡大し、すべての粒子は激しく動いている。ガスの速度がかなり早いので、流動層の粒子の大部分が反応器からユニフロー・サイクロンへ移される。燃料は、空気分配格子の少し上にあるガス化炉下部へ注入される。注入されるバイオ燃料には、20~60%の水分、78~39%の可燃物、そして1~2%の灰が含まれている。反応器における運転温度は、燃料やその利用法によって違うが、普通800~1000 となる。反応器の中に入ると、バイオ燃料の粒子が急速に乾燥し、反応の第一段階(いわゆる熱分解)が起こる。この反応の間、燃料はガス、木炭、タールへ転換する。これらの生成物は、反応器の上方へと流れ、二次反応が起こる。この反応は、木炭が反応成分の一つとなる不均一反応と、反応成分がすべて気相になっている均一反応とに分けられる。これらの反応により、可燃性ガスが生産され、ユニフロー・サイクロンによって浄化される。システム中の固形物のほとんどは、サイクロンで捕獲され、ガス化炉の反応器の下の部分に戻されていく。これらの固体は木炭を含んでおり、流動層で燃焼させられる。この燃焼プロセスは、熱分解プロセスと吸熱反応で必要な熱を発生させるのであるが、循環層の物質が熱の伝達媒体となり、プロセスにおける温度を安定化させる。高温の生成ガスは、ガス化炉からユニフロー・サイクロンへ流れていき、メインボイラーに注入される前に、空気予熱器で冷却される。同時に、ガス化に使われる空気は、ガス化炉の風箱に導き入れら

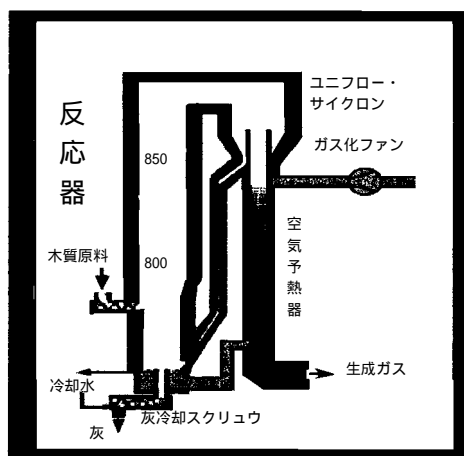


図4 CFBガス化概念図

れる前に空気予熱器で温められる。生成ガスは、ガス化炉からボイラーへ流れていく。この炉でおがくず、未乾燥木質廃材、乾燥木質廃材および家庭ゴミなどを混合して燃焼実験したところ、ガス化炉自体はそれほど問題は発生しなかった。

燃料ガスの成分構成は表3に示す。また、これに石炭との混焼によってメインボイラーからの排出される汚染物質は、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> および煤塵の含有量が減少した。また、ダイオキシン、フェノールその他の環境汚染物質の発生量には、ガス化の影響は見られなかった。

木質残廃材をガス化処理する場合には、生成する木炭を燃焼させる場合の他、これを取り出し機能性材料として活用することも期待できる。

表3 生成ガスの主要成分

ガス成分	平均 (%)
CO <sub>2</sub>	12.9
CO	4.6
H <sub>2</sub>	5.9
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	3.4
N <sub>2</sub>	40.2
H <sub>2</sub> O	33.0

## おわりに

高度成長期に建設された建築物の建て替え時期を迎え、廃棄物の増加が懸念される。これらを社会のゴミとする立場から資源とする循環社会の構築は地球規模での温暖化防止のために重要な課題となっている。

(もりた みつひろ:九州大学大学院農学研究院)

日本木材学会九州支部大会を終えて

## 第9回日本木材学会九州支部大会(大分)の報告



大会運営委員長 井上 正文

第9回日本木材学会九州支部大会は、8月22日(木)、23日(金)の両日、大分県産業科学技術センターを会場に開催されました。

第1日目は、午後から口頭発表(6件)に引き続き、シンポジウム『木材のリサイクルを考える』が行われました。このシンポジウムには、木材学会会員79名、会員外一般参加者42名、計121名の参加がありました。まず、司会(大分大学・井上)からシンポジウムの趣旨を簡単に説明致しました。すなわち、近年の地球環境の急速な悪化を踏まえ、建築廃材の処理が大きな社会問題化しており、特に木造住宅において廃木材の処理が解決すべき大きな問題となっており、木材学会としても、この問題の解決に取り組んで行かねばならない状況である旨の説明を行いました。その後、羽野忠氏(大分大学教授)からは、「ゼロエミッションの現状と課題」と題して、社会全体からみたゼロエミッションの現状を中心に話を伺いました。特に、羽野氏からは、ゼロエミッション化には、異業種間の連携やネットワークの構築が不可欠との指摘がなされました。次に、宮崎博文氏(大分県衛生環境センター・主幹研究員)からは、「木造住宅解体の

現状と課題」と題して、木造住宅解体工法から見た、木材のリサイクルについて話を伺いました。宮崎氏からは、木材のリサイクルを考える場合、<手壊し解体>と、その効率的解体工法の確立の重要性が指摘されました。最後に、佐々木昭正氏((株)佐々木工務店・代表取締役社長)からは、「民家再生と古材バンクの現状と課題」と題して、古民家を現代的な生活に適した住宅によみがえらせる手法である民家再生の実例について説明があり、リユース材としての古材流通ネットワーク構築の重要性が指摘されました。時間の都合から、十分な質疑応答は、できせんでしたが、3名の講演者からの話は、いずれも豊富な経験及び研究成果を踏まえた発言だっただけに、有意義なシンポジウムとなりました。

第1日目のシンポジウム後は、会場を大分市内のホテルに移し、懇親会が開かれました。日本木材学会本部からは副会長の川井秀一京都大学教授に来賓として、ご出席頂き、祝辞を賜りました。参加者のみなさんには大分の新鮮な魚と地酒をご堪能頂きました。

第2日目は、展示発表(15件)を挟んで、午前午後にわたり口頭発表(18件)が行われました。いず



写真1 発表会場



写真2 懇親会(川井日本木材学会副会長挨拶)



写真3 展示発表風景

れの発表にも、活発な質疑討論がなされ、しばしば時間の都合上、質疑討論を打ち切らざるを得ない状況も見られました。

本大会では、口頭発表24件、展示発表15件、合計39件の発表がなされました。口頭発表終了後、2002年度総会が開催されました。議長には、中原恵氏(大分県産業科学技術センター)が選出され、昨年度事業報告及び決算、今年度事業計画及び予算が提案され原案通り承認されました。続いて、本年度役員人事が提案され承認されました。

本総会では、本年度、「黎明研究者賞」の発表と、表彰が行われました。受賞者は以下の通りです。

#### 2002年度黎明研究者賞

論文賞部門	森園 眞子氏
口頭発表部門	一本木智敬氏
展示発表	大内 成司氏

さらに、来年3月22日(土)～24日(月)の日程で開催予定の2003年度日本木材学会福岡大会の案内と実施への協力依頼がなされました。また、次回の第10回日本木材学会九州支部大会が鹿児島県で開催される旨の報告がなされました。

本九州支部大会(大分)の開催につきましては、大分県のご後援を頂き、会場の借り上げにつきましては格段のご配慮を頂きました。また、大会運営につきましては、大分県産業科学技術センター及び大分県林業試験場の職員の方々には、一方ならぬご協力を頂きました。この場を借りましてお礼申し上げます。

(いのうえ まさふみ:大分大学工学部)



写真4 黎明研究者賞表彰

## 研究発表動向 物理・工学分野

### 藤元 嘉安



最近、支部大会に出席するたびに思うのですが、研究発表内容について、その専門分野が明確に区分しづらいものが増えてきているような気がします。物理・工学分野の研究動向について報告するに当たり、まず、化学・生物分野との区分に苦慮しなければならないのですが、幸いにも今回は木科学情報編集委員の先生から予め物理工学分野に含まれる

発表テーマの一覧を頂きました。今回は、これに示された口頭発表16件、展示発表10件の合計26件について報告させていただきます。

まず、材質・強度については、スギ材の高さ方向における容積密度数、マイクロフィブリル傾角、仮道管長さ等の材質変動が動的縦ヤング率へ及ぼす影響に関する研究や、広葉樹材における容積密度と気乾

密度、全乾密度との関係についての研究発表が行われました。また、材質に優れたスギクローン品種の開発を目的とした精英樹の木材性質の評価や、松食い虫被害木を集成材ラミナとして利用することの可能性に関する試験、近年輸入量が急速に増大したホワイトウッドについて曲げ、引張及び圧縮試験の結果が報告されました。

木材乾燥に関しては、スギ材の乾燥において最近一般的な乾燥方法の一つとなりつつある高温乾燥について、各温度域の水分変化や表面割れ発生の諸要因等に関する研究結果が発表され、関連した研究では高温低湿処理したスギ平角材の曲げ強度性能についての発表がありました。また、乾燥割れと材質指標との関係に関する研究発表も行われていました。

木質材料については、パーティクルボードの低密度化、樹皮成型ボードの変形挙動と応力分布及びSSTの部分横圧縮性能に関する研究発表がなされていましたが、いずれもスギを原料とした木質材料に関するものでありました。とくに、パーティクルボードの低密度化は、密度が低いと強度的に劣るのではないかとみられるスギの短所を逆手にとり、その優位性が説明されていて、非常に興味深いものでありました。また、今後、残廃材の焼却処分等が困難になることが予想され、残廃材を有効利用した木質材料の研究テーマが増えていくものと思われます。

木構造では木構造フレームの水平耐力、スギ集成パネルを挿入した軸組み壁の水平せん断性能について、とくにパネルと軸組みとの固定方法の影響に関する研究報告が行われました。接合に関しては、竹材を用いた木質構造用接合具の試作開発や継手接合部の強度性能、また、スギ構造材柱頭柱脚接合部のめり込みクリープの試験結果が報告されました。構造物の耐久性について、集成材構造物の保守に関する研究や屋外暴露におけるスギ心材の劣化とAU評価に関する研究報告がありました。さらに、リサイクルを考慮した木造住宅の解体方法ならびに富乃露酒造跡地における古材の材質調査の報

告等、解体材の有効利用に関する研究がなされてきました。

加工法としては、超音波と低周波の複合振動を利用したナイフ刃による木材の割裂加工や接着剤を使用しないで熱圧のみにより製造した深底木質トレイに関する研究発表がなされました。また、爆薬の水中爆破による衝撃波を利用してスギ材の透過性を高めることにより、防災・難燃剤を注入しやすくする効果についての検討結果が報告されました。

その他には、学校施設・設備を構成する材料と教育環境に関する研究において、学校施設内装材料として木質材料を多く使用することにより感覚特性が好ましい状態になること等が報告されたり、またこれは次世代の木材利用として非常に面白いテーマであると思いますが、超臨界流体による木質系資源のバイオマスエネルギー化に関する研究発表が行われました。

以上、幅広い分野にわたった研究発表が行われましたが、見方を変えるとスギに関する研究が17件と全体の6割以上を占め、当然とすべきか、九州という地域性が強く出ていることが感じられました。また、環境に関する研究が、直接的或いは間接的に関わる程度に差はありますが、11件と4割程度を占めていました。とくに、解体材や工場残廃材などの有効利用は、現状を強く反映しているものと思われました。

なお、発表者の所属は、大学が11件、公立試験場が14件、民間が1件でありましたが、研究者の構成形態をみると、大学あるいは公立試験場同士と言う組合せの他に、産官学の複数の研究機関による共同研究が13件と非常に多いような気がしました。最近の傾向として、研究分野の明確な区別が困難になってきたことは先に述べましたが、これに併せて、研究の実施形態も複雑になりつつあることが見て取れると思います。このような状況の中で、様々な分野の専門の研究者が一堂に会する支部大会は、さらに意義深いものとなるのではないかと思います。今後、支部大会において活発な討論、情報交換が行われ、物

理・工学分野内に限らず化学・生物分野を含めて交流が益々盛んになることを期待しています。

最後になりましたが、大分での九州支部大会を担当されました執行部の方々並びに運営に携われた

関係各位の大変なご苦勞に対し、感謝と敬意を表します。

(ふじもと よしあす:宮崎県木材利用技術センター)

## 研究発表動向 生物・化学分野

### 清水 邦義



化学・生物分野においては、多岐に渡る基礎から応用・実際までの研究が発表された。5つの分野に大まかに分類し、以下、概略を述べる。

- 担子菌の生理・機能解析:未だ不明な点の多い担子菌の機能解析を指向した研究発表がなされた。その中でも「腐生担子菌ヒトヨタケ由来 glycerinaldehyde-2-phosphate dehydrogenase の遺伝子解析」を発表した一本木智敬氏は、黎明研究者賞を受賞した。一方では、食用キノコの栽培において重要である水ポテンシャルについての実用面で有用な発表もなされた。
- 樹木抽出成分の生理活性:熱帯産樹木パンキに含まれる抗ガン活性を有する成分のメカニズム解析や、輸入木材廃棄物からのアレロパシー(他感作用)活性についての発表がなされ、樹木抽出成分の多岐に渡る分野への応用が期待された。
- 樹脂・接着剤:フェノール樹脂の硬化メカニズムに関する基礎的な研究及び大豆タンパクをフェノール樹脂中の一部の代替原料としたユニークな反応のメカニズム解析が報告された。
- 材の生物劣化:フェノール樹脂を注入処理した竹材の防虫効果及び抗菌性金属担持ハイドロキシアパタイト固定木材の抗菌効果を検討した発表から、実際の木製構造物である木製ガードレールや木橋の劣化状況及び腐朽度診断の報

告がなされた。特に、現場の劣化状況の報告は、有用であり、それらの知見は、基礎研究にフィードバックされる必要があるだろう。

- 組織:組織学的知見からの竹の分類についての発表がなされた。

全体的に基礎研究色が強いが、新たな展開を指向する研究が多く、今後の森林資源活用は、多岐に渡っていくものと期待される。しかし、相対的に、実用的な発表が少ないようにも感じた。当該セクションの発表に、大学の研究者が多いということも一つの理由であろうが、樹木を化学的・生物学的に捉えた場合の実用化の難しさを反映しているのかもしれない。また、九州はスギの産地として知られているが、物理系の発表に比べて、化学・生物系の発表では、スギについての基礎的・応用的な発表が少ない点が印象的であった。九州地区の有用で、かつ特色のある研究を展開していくためにも、スギの化学的・生物学的知見に立った基礎から応用までの網羅的な研究及び新たな展開を期待したい。

(しみず くによし:九州大学大学院農学研究院)



## 黎明研究者賞を受賞して(1)

九州大学大学院 生物資源環境科学府 一本木智敬



この度は、日本木材学会九州支部大会(大分)において、「黎明研究者賞」を受賞させていただきました。誠に有り難うございました。受賞の対象となりました発表は「腐生担子菌ヒトヨタケ由来 glycerinaldehyde-3-phosphate dehydrogenase の遺伝子解析」についての口頭発表です。この研究は *Coprinus cinereus* (ネナガノヒトヨタケ) を宿主とした担子菌遺伝子の高発現系構築の一環として行っているものです。

ここ数年急展開を遂げているゲノムサイエンスを支えているのが、様々な生物で進行しているゲノムプロジェクトです。担子菌においてもゲノムプロジェクトが進行しており、白色腐朽菌 *Phanerochaete chrysosporium* においてはプロジェクトの終了を間近に控えております。それに伴い同菌ゲノムから機能未知の遺伝子や 100 個を越す P450 アイソザイムが次々と同定されています。しかしながらこうして次々と同定される新規遺伝子の機能は配列情報からだけでは推測することができず、タンパク質を発現させることで初めて機能を解明することができます。したがってタンパク質高発現系が必要となります。高発現系で最も重要な部位が、目的遺伝子の発現時期と発現量を指令するプロモーターです。高発現系構築に際しては常時遺伝子の高発現を指令するプロモーターを用いる必要があります。

今回の発表では、高発現系構築の第一段階として解糖系の重要酵素であり細胞内で常時高発現される glycerinaldehyde-3-phosphate dehydrogenase(*GPD*) のプロモーターを宿主菌株から単離・解析いたしました。プロモーター解析の結果、*C. cinereus GPD* プロモーターには TATA box は含まれるが、CAAT box に関しては類似する配列しか含まないという他の担子菌にない構造を有することが明らかとなりました。また *GPD* アミノ酸配列より作製した進化系統樹より *C.*

*cinereus GPD* 遺伝子は *Phanerochaete chrysosporium GPD* 遺伝子とともに進化したことが示唆されました。以上が本発表の内容です。今回紙面を多少頂いたこともあり、「黎明研究者賞」という言葉の意味を噛みしめて、私見ではありますが、今後の研究の展開と展望を、希望的観測を以て記させて戴きます。

腐生担子菌ヒトヨタケは木材腐朽能が無く、菌体外酵素の分泌能が高いことで知られております。従ってこの担子菌を宿主に用いることで、担子菌遺伝子、なかでもリグニン分解に関連すると考えられる遺伝子の機能解明につながると考えられます。また菌体外酵素のシグナル配列を発現遺伝子の上流に付加することで、目的遺伝子を菌体外へ大量に分泌できることも期待できます。発現ベクターのプロモーターに *C. cinereus GPD* プロモーターを、またベクターが宿主に導入されたかどうかを見分ける選択マーカーとして *C. cinereus* 由来のトリプトファン合成遺伝子を用いる予定でいます。これは宿主にトリプトファン要求性変異株 *C. cinereus* LT2-44 を用い、トリプトファン欠損培地で生育させることにより発現ベクターが宿主へ導入されたかどうか簡単に見分けることができるようになっております。現在、高発現系の構築を行っておりますが、構築終了後はゲノムプロジェクトの進行により次々と同定される新規の P450 遺伝子および機能未知の遺伝子を発現させる予定でおります。

このテーマは担子菌ポストゲノムプロジェクト研究を支える極めて重要なものです。今回“黎明賞”を頂いたことでこの研究の重要性を再認識するとともに、発現系構築に向けての励みとなりました。これまでこの研究を支えて頂いた研究室の先生や仲間たちにこの場を借りてお礼申し上げます。本当にありがとうございました。

## 黎明研究者賞を受賞して(2)

### 大分県産業科学技術センター 大内成司



この度は、日本木材学会九州支部大会において、展示発表部門で「黎明研究者賞」を受賞させていただき、誠に有り難うございました。今回の発表である「竹材を用いた木質構造用接合具の開発 その1 接合具の試作開発」は、大分大学と㈱ホームコネクターとの共同研究で、平成13年度「新事業創出研究開発事業」(財)大分県産業創造機構)により行ったものです。

今年の6月に循環型社会関連6法案の1つである「建設資材リサイクル法」が施行され、建築物等に係わる分別解体等及び再資源化等の義務付けがなされました。しかし、木造住宅の解体によって排出される廃棄物のリサイクルは、他の構造に比べ対応が遅れているとされており、問題視されています。その理由として考えられることは、接合に使用される金物類と木材との分別に手間が掛かる事などです。そこで、本研究では、解体や廃棄が容易で、環境に優しく実用性の高い接合法を目指し、竹製接合具の開発を行いました。

竹に着目した理由は、ここ数年、竹に関する研究を行っているということもあるのですが、竹は、木と比較して非常に成長が早く、3~5年で成竹となり、材料として利用することができるということからです。その上、無性繁殖のため植える手間が掛からず、毎年春には発筍するという循環再生可能な身近な資源であるということです。

国内にはモウソウチクやマダケ等の有用竹類が約1,000万トン蓄積されていると推定されており、また、世界的にも広大な中国には豊富な未利用竹材資源が眠り、東南アジアには芯の詰まった実竹やジャイアント・バンブーと呼ばれる大径肉厚の工業材料として有用な竹種があるなど、建築資材用の資源としての安定供給も可能であろうと考えられます。

一方、竹材の繊維方向の収縮率は木材の約1/3

であり、寸法安定性に非常に優れています。また、曲げ強さや引張り強さ等の機械的性質を見ると、木材の代表的樹種であるスギ・ブナと比較しても、竹材の強度は全てにおいて、それを上回っており、曲げ・引張り強さに関しては、スギの約3倍の値を示します。このような竹材の優れた特性を上手く生かすことにより、建築材料としての潜在的可能性を導き出せると考えられます。

また、円筒形の竹稈が節で接合された竹の構造は、その肉厚と稈径、節位置等は強度保持のための理想的な形状ともいわれ、工業材料の構造開発にも大いに生かされてきました。この構造をそのまま生かすこと、すなわち丸竹の状態で利用することが、竹本来の特性を生かすことになるのでしょうか。その反面、1879年にエジソンが発明した白熱カーボン電球のフィラメントには、マダケの炭化された竹ヒゴが使用されていました。この竹ヒゴの直径は、なんと0.3mmという細さです。強靱な竹繊維だったからこそ、天然材料でありながら工業材料になりえたのでしょうか。日本では、竹のフィラメント電球は明治23年から昭和初年にわたって生産されていたようで、竹の工業材料としての第一歩だったのかもしれませんが。

私にとって竹は、非常に魅力的な材料であり、大分県では特に身近な材料です。今後も竹の研究を継続して行きたいのですが、研究事例・開発事例が非常に少ないのが現状です。他の林木に類を見ない竹の成長の早さは、資源循環と持続的利用を可能にし、強度的特性から見ても、木材の代替材としての役割は充分可能だと考えられるので、さらに多くの研究者や企業の方々の参加を期待します。

最後になりましたが、本研究を行うにあたり、ご指導ご協力を下さいました、大分大学の井上教授、田中助手、㈱ホームコネクターの後藤様をはじめ、多くの方々に感謝いたします。

## 黎明研究者賞を受賞して(3)

### 鹿児島県工業技術センター 木材工業部 森園 眞子



この度、「異樹種集成材製造システム開発 - 異樹種複合集成材の曲げ性能について -」で黎明研究者賞(論文分門)を受賞させて頂いたことを大変光栄に思います。ありがとうございます。また、この受賞直前の7月末に、この異樹種複合集成材がJASの製造認可を受けたという知らせもあり、嬉しさは一層大きなものとなりました。今回の受賞については、私の今後のさらなる発展(?)を期待した”叱咤激励賞”であると受け止めさせて頂きたいと思います。

今回の研究は、平成11年度から12年度にかけて、山佐木材(株)が中心となって進めてきた「異樹種複合集成材」に関する研究開発プロジェクトの中で行ったものです。「異樹種集成材」とは、スギ材を構造材として利用拡大することを目的に、外層側にベイマツを配し、内層側にスギを配したものです。構造用集成材のJASでは、異なる樹種の混用を認めてはいましたが、技術的に難しいとされ認定された事例はありませんでした。そこで、このプロジェクトではスギ材の間伐材や曲がり材の有効利用を目指し、約1mの短尺ラミナを製造する装置やプルフローダー等の機械開発等と併せて、異樹種集成材の強度性能や接着性能を把握するために様々な実験が行われました。その検討委員会が年に数回開催され、その中で試験結果等について議論されてきました。強度の分野だけでなく機械開発やシミュレーションの手法等の議論の場に参加出来たことは、非常に有意義でした。

この異樹種集成材のJASの製造認可に関しては、事業終了後も、残された様々な課題に対して、積極的に取り組まれた山佐木材(株)の方々の努力の結果であると思います。

当センターは、研究開発はもちろんですが、県内企業等への技術支援も主な役割としています。今は、企業からの依頼試験や技術相談に対応する時間も多く、依頼者に分かりやすく説明したり結果を分析することの難しさ、自分の勉強・情報不足を改めて感じる毎日です。今回の研究は企業ニーズから始まり、実用化に至ったわけですが、今後、どのような研究を行う上でも、その先の展望がしっかりしたものを行わなければと痛感しています。そのためには、更なる勉強はもちろんですが、情報を取り入れるための”アンテナ”をもっと高く掲げなければと思います。研究分野だけでなく行政や業界の方々、今後は『木』以外の分野の方々とのネットワークも一層重要になってくると思います。皆様、今後ともよろしく願います。

最後になりましたが、有益なご助言等を頂きました秋田県立大学木材高度加工研究所飯島泰男教授をはじめとする異樹種集成材製造システム開発事業各委員や関係者の方々にこの場を借りて深く感謝申し上げます。

スギ心持ち柱材の高温低湿乾燥における含水率変化\*<sup>1</sup>小田久人\*<sup>2</sup>・蛭原啓文\*<sup>2</sup>・迫田忠芳\*<sup>2</sup>

スギ心持ち柱材を乾球温度120、110および105のスケジュールで高温低湿乾燥を行い、含水率の変化を調べた。乾球温度120処理後の材表層部の含水率低下は著しく、1時間当たり1.96%の含水率減少が見られ、この工程での水分減少条件が仕上がり品質に大きく影響を及ぼすことが推察される。乾球温度110と105の乾燥速度は120処理に比べ極端に遅くなった。

## 1. はじめに

スギ心持ち構造材を低コストでかつ材内部まで乾燥させて供給することは、国産スギ材の需要拡大を図る上で、必要不可欠な工程の一部となっている。心持ち材の表面割れ抑制効果の高い高温低湿乾燥技術は、装置の普及に伴って製材工場などで取り入れられているが、その乾燥スケジュールは試行錯誤の段階にとどまり確立されたとは言えない。このため、本研究では乾燥スケジュール作成の基礎となる乾球温度120、110および105の各温度域の水分量(または含水率)を求め、乾燥速度を推定することを試みた。

## 2. 実験方法

供試材は、宮崎県産スギ心持ち背割り無し柱材(130×130×3,000mm)48本を用いた。製材直後の重量が25kgから38kgまでの材である。平均的な重量である32kgから35kgまでの範囲にある8本を選び、長さ方向中央部で生材含水率試験片を木取った後、元口側と末口側の2本ずつ、合計16本の試験材を得た。積みは1段につき8本とし、8段積み重ねた。試験材は積み段の下から3段目から5段目の中央部に置いた。乾燥スケジュールは90(蒸煮)を20時間行った後、乾球温度120(乾湿球温度差30、24時間)、同110(25差、39時間)、同105(20差、31時間)とした。各温度域の処理終了後に試験材を4本ずつ取り出し、直ちに含水率分布試験片(図-1)と表層部水分傾斜試験片を木取った。なお、4本は元口側と末口側を対にして取り出した。表層部の水分傾斜試験片は、材表面から5mm

1	2	3	4	5
6	.	.	.	.
11	.	.	.	.
16	.	.	.	.
20	.	.	.	25

図-1. 含水率試験片の木口面における位置と番号

厚さに4面を順に4層ずつ切り出した。中心部および各層4枚ずつの平均含水率を算出した。また、試験材以外の供試材は乾燥終了後に重量と表面割れ長さを測定した後、両木口から40cmの位置で厚さ1.5cmの試験片を切り出し、全乾法によって含水率を求めた。

## 3. 結果と考察

各温度経過に従って、木口断面を25等分割した水分分布を図-2に示す。

乾球温度90、120、110および105における、各試験材の生材時と処理終了後の含水率は、90では生材時113%、処理後111%、120では生材時85%、処理後38%、110では生材時95%、処理後28%、105では生材時116%、処理後13%となった。90蒸煮処理では生材時と含水率の差はほとんどなく、表層部の含水率の低い部分では吸湿されていることが推察される。120処理の24時間で含水率の減少は47%であった。これを1時間あたりに換算すると1.96%であり、この時点での材表層部の含水率減少は特に顕著であることが分かる。一方、材中心部分の含水率は100%を超えており、水分の拡散はまだ始まっておらず、この工程での水分の減少条件が乾燥後の仕上がり品質に大きく影響を及ぼすことが推察される。その後、110処理、105処理と乾燥時間の経過に伴い、表層部から内層部に向かって乾燥が進行し、105処理終了時には材中心部分でも50%を超える部分はほとんど見られない。

110と105の各処理による含水率減少度を、それぞれの前段階の含水率からその処理後含水率の差とすると、10%と15%の減少となり、これを1時間あたりに換算した0.26%と0.48%は120に比べ極端に低い値である。これは、加熱温度が低くなっていることと含水率減少が進行していることによるもので、乾燥速度が極端に鈍くなることは当然といえる。

\*<sup>1</sup> Hisato ODA, Yoshifumi EBHARA and Tadayoshi SAKODA: Variation in moisture content of sugi boxed heart timber during kiln-drying under high temperature-low humidity.

\*<sup>2</sup> 宮崎県木材利用技術センター Miyazaki Prefectural Wood Utilization Research Center, Miyakonojo, Miyazaki 885-0037

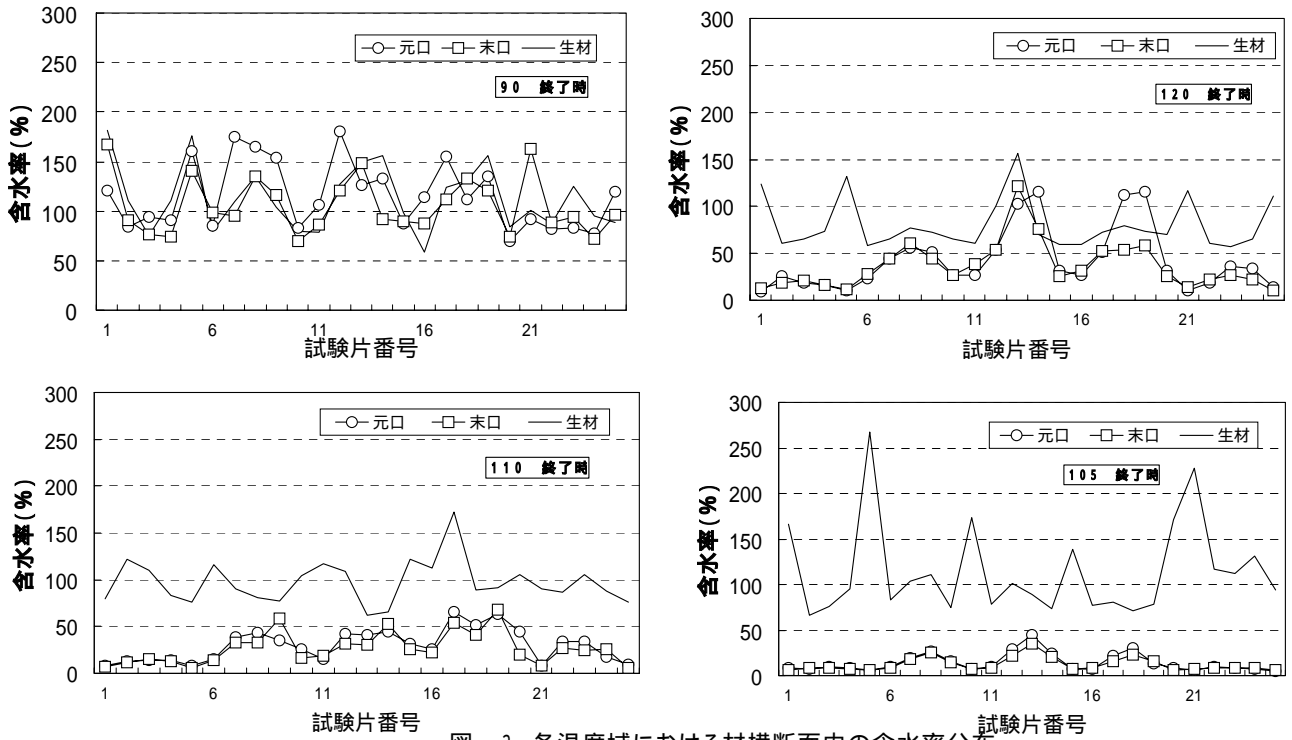


図 - 2 各温度域における材横断面内の含水率分布

各温度域における材表面付近の水分傾斜を示したのが図-3である。4層目までの材表面からの距離は約25mm程度であり、図-2の表層部に相当する位置である。両試験材とも、乾球温度120 処理で1層目の含水率が大きく減少するが、4層目の含水率は40%から30%程度で水分傾斜が見られる。その後の乾燥の進行に伴い、各層間の水分傾斜が小さくなり、105 処理終了時の含水率は5%から9%でほぼ均一化されている。

試験材とともに積み重ねて乾燥を行った供試材40本の全乾法による生材含水率は平均88.5%(57~128%)で、乾燥後含水率は平均22.6%(10~40%)、その中で含水率25%以上の材の出現率は37.5%であった。表面割れについては、4材面における最大割れ長さが100cmを超える材は45.0%であった。内部

割れについては把握しなかった。

#### 4.まとめ

本研究の結果から、高温低湿乾燥法における乾燥材の品質面で課題とされている表面割れや内部割れ、さらには材色変化等の発生は、蒸煮処理直後の乾球温度と乾湿球温度差の設定および時間設定が品質を大きく左右することが分かった。この結果を基に、高温低湿乾燥法の効率や品質面の更なる向上を目指して、各種条件の組合せをスケジュールに取り入れて検討を継続したい。

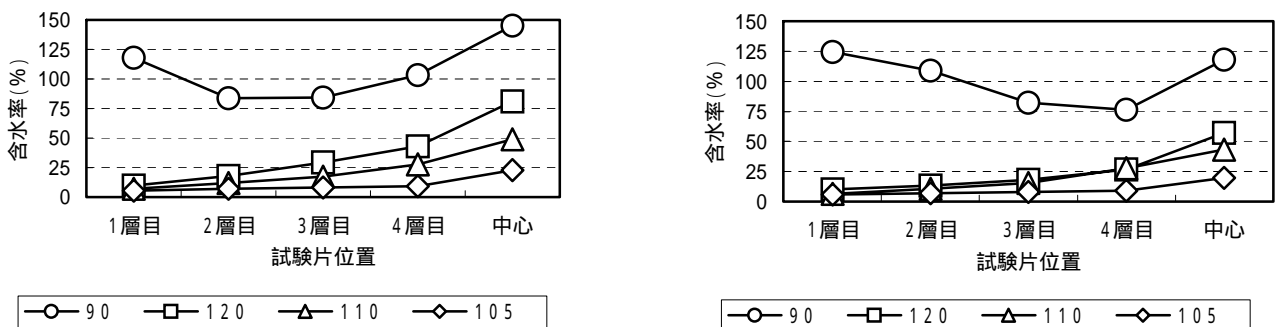


図 - 3 各温度域の材表面から中心への水分傾斜

# SSTの部分横圧縮強度性能\*1

占部達也\*2・井上宏夫\*3

背板を用いたSSTの部分横圧縮強度性能を調べた結果、めり込み強さは構造用軸材としての可能性を十分有する値を示した。さらに、圧縮成型時のプレス表層部を荷重方向に対し平行に配置する使用法が、垂直に比べ初期剛性が高く、また、急激な破壊が生じにくいことが分かった。一方、SSTの部分横圧縮力に対する力学的挙動の特徴として、集成材等<sup>1)</sup>に比べ比例限度域が不明瞭であり、また、めり込み剛性及び比例限応力は、めり込み強さの大きさに比べ概ね小さい値をとる傾向が見られた。

## 1 はじめに

SST(Superposed Strand Timber, 割裂片積層材)は、背板をはじめ曲がり材や住宅解体廃木材をも原料とする可能性を持つ新たな木質材料であり、資源の有効利用が期待されている。これまでの研究<sup>2)3)</sup>から、スギ背板を用いたSSTの材料性能について、構造用軸材としての利用の可能性が確認されつつある。

ここでは、スギ及びヒノキのSST正角材について、部分横圧縮強度性能の把握を行った。また、材端部と材中間部(加力位置)、スギとヒノキ(原料となる樹種)、各性能値と密度との関係、105mm正角と120mm正角(断面サイズの影響)、

平行加力と垂直加力(試験体の設置方向)について、各諸因子が強度性能に与える影響を調べた。本研究は、段谷産業(株)との共同研究「SSTの実用化に関する研究」で行ったものである。

## 2 試験体と試験方法

段谷産業下関事業所で製造されたスギ及びヒノキの背板を原料とするSSTローボード(130×800×4600mm)各2枚ずつから、部分横圧縮用試験体(105×105×630mm、120×120×720mm)を各条件6体ずつ採取した(表-1)。各ローボードの概要については、105mm正角4m材を用いた曲げ試験結果を示した。

表-1 SSTローボードの曲げ性能及び部分横圧縮用試験体の概要

SSTローボードの概要				部分横圧縮用試験体の概要			
原料となった樹種	105mm正角材による曲げ性能値の平均		荷重方向とプレス面の位置関係	n数		105mm	
	曲げヤング係数(GPa)	曲げ強さ(MPa)		105mm正角	120mm正角	105mm	120mm
スギ	9.64	39.7	平行 垂直	6	6	6	6
ヒノキ	12.36	43.6		6	6	6	6

部分横圧縮試験の方法及び性能値の算出方法は、(財)日本住宅・木材技術センター報告書「構造用木材の強度試験方法」<sup>4)</sup>に準じて行った(図-1、図-2)。

試験体の設置については、圧縮成型時のボード内の内層部と外層部との密度傾斜や、ストランドの配置方向の影響が予想されるため、荷重方向に対しボード製造時のプレス面が平行な場合と、垂直な場合の2通り行っ

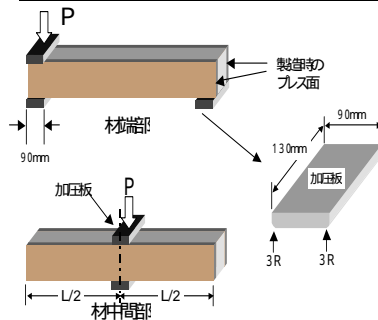


図-1 部分横圧縮試験方法 (プレス面と荷重方向が平行な場合)

た。

これらの結果から、めり込み強さ( $f_{c,90}$ )、めり込み降伏強さ( $f_{c,90,y}$ )、めり込み比例限応力( $f_{c,90,spl}$ )、めり込み剛性( $K_{c,90}$ )を算出した。

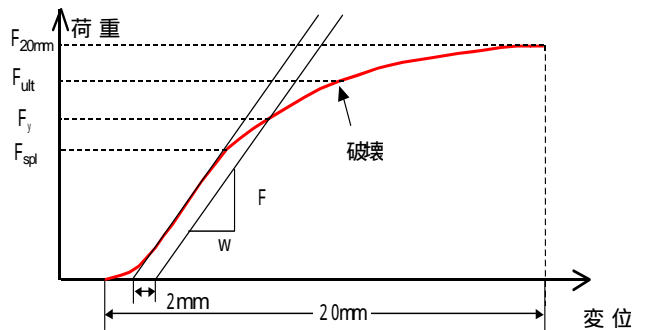


図-2  $F_y$ 等の決定方法

## 3 結果

105mm正角材の試験結果を表-2に示す。比較すると、材端部、材中間部共に構造用材としての性能を十分有することを示唆する値であった。ただし、荷重と変位との関係について、ベイツガ集成材(105mm正角、E105-F300)の試験時の荷重-たわみ曲線を引用し比較すると、SSTは他の木質材料に比べ比例限度域が不明瞭である一方で、荷重の上昇が緩やかに終盤まで持続していく特徴を示した(図-3)。このため、 $K_{c,90}$ や $f_{c,sp}$ は、 $f_{c,90}$ の大きさの割には小さめの値であった<sup>3)</sup>。

表-2 SSTの部分横圧縮試験結果(105×105×630mm)

樹種	方向	MC15% 補正密度 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 (%)	材端部				材中間部			
				$f_{c,90}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{c,90,y}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{c,spl}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$K_{c,90}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{c,90}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{c,90,y}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{c,spl}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$K_{c,90}$ (N/mm <sup>2</sup> )
スギ	平行	0.604	14.2	7.7	4.9	2.3	1.5	10.6	6.2	2.9	2.1
	垂直	0.615	13.5	8.8	5.7	2.5	1.3	10.0	6.5	2.9	1.6
	全体	0.610	13.9	8.3	5.3	2.4	1.4	10.3	6.4	2.9	1.8
ヒノキ	平行	0.659	10.4	12.2	8.2	4.1	2.7	17.0	10.4	5.1	3.6
	垂直	0.661	10.7	11.9	7.7	3.6	1.9	15.7	9.6	4.6	2.6
	全体	0.660	10.6	12.0	7.9	3.8	2.3	16.4	10.0	4.9	3.1

上段:平均値 下段:変動係数

\*1 Tatsuya URABE and Hiro INOUE: Mechanical properties of SST on the compression at right-angle to grain.

\*2 福岡県森林林業技術センターFukuoka Pref. Forest Res. & Exten. Center, 1438-2 Yamamoto, Kurume 839-0827

\*3 段谷産業株式会社DANTANI CORPORATION, 5-5-1 Minamifutajima, Wakamatu, Kitakyusyu, Fukuoka 808-0109

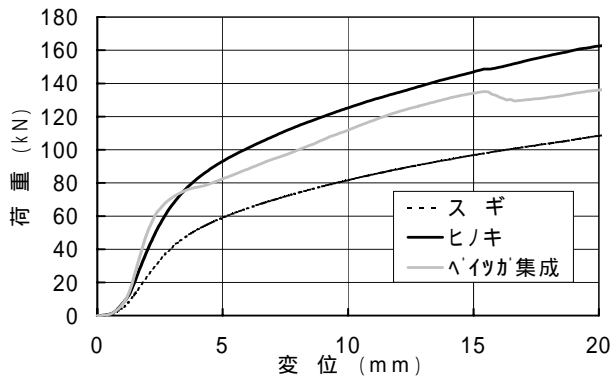


図 - 3 荷重 - 変位曲線 (105mm正角、材中間部)

4 考察

部分横圧縮性能について、以下の考察を行った。

1)材端部と材中間部

材端は材中間部に比べ、各性能値共に約2割低く、その低下割合はスギに比べヒノキが僅かに大きかった(図 - 4)。

2)スギとヒノキの比較

設定密度等の製造条件は同一であるが、供試したSSTの密度はヒノキ、含水率はスギが若干高く、ヒノキの方が好条件であった。その影響もわずかにあるが、各性能値共に、ヒノキはスギに比べ、約2割高い値を示した(図 - 5)。

3)各性能値と密度との関係

めり込み強さ、めり込み剛性について、スギ、ヒノキ共に密度との間に正の高い相関が見られた(図 - 6、図 - 7)。ただし、めり込み強さは密度と直線的な関係であるのに対し、めり込み剛性は密度値 0.65g/cm<sup>3</sup>付近で急激に向上した。これは、スギに比べ弾性率が高いヒノキ本来の特性によるものか、あるいは、弾性率向上に効率の良い密度設定がこの付近にある可能性が考えられる。

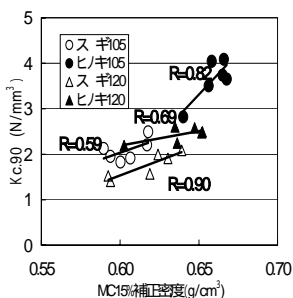


図 - 7 密度とめり込み剛性の関係 (スギ105正角、材中間部、平行加力)

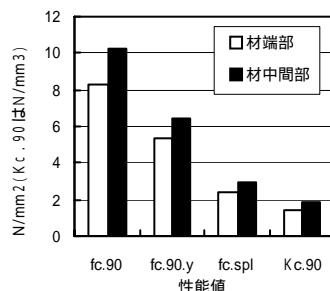


図 - 4 材端部と材中間部の比較 (スギ105mm正角全体の平均)

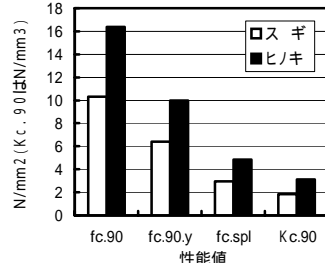


図 - 5 スギとヒノキの比較 (スギ105mm正角、材中間部)

4)105mm 正角と 120mm 正角の比較(図 - 8)

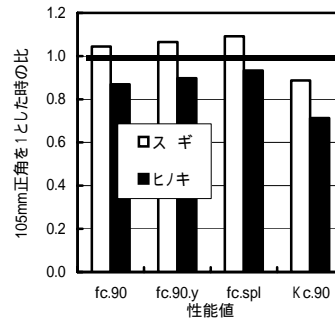


図 - 8 120mm正角の各性能値 (材中間部、両配置方向平均)

材せいが大きいほど圧縮成型時のプレス表面の高比重部が多く含まれ性能向上が期待される。一方で、本評価法では材せいが性能値の算出法に考慮されておらず、材せいが大きいほど各性能値は低下すると予想される。

結果はスギとヒノキで傾向が異なり、105mmに比べ 120mmでは、スギではK<sub>C.90</sub>が1割小さくなり、その他の性能値は5%程度大きかった。一方、ヒノキでは3割近くK<sub>C.90</sub>が低く、その他の性能についても1割程度低減した。寸法増加による密度増加による性能向上が期待されても、少なくともめり込み剛性については低減と思われる。

5)平行加力と垂直加力との比較(試験体の設置方向)

K<sub>C.90</sub>は、平行加力では垂直加力に比べ2~3割高かった。その他の性能値は両者間で明確な差は認められなかった。一方、破壊形態は両者で大きく異なり、垂直加力でのみ、約6割の試験体で急激な荷重低下を伴う大きな破壊が生じた。

5 まとめ

SSTの部分横圧縮性能について以下の知見を得た。  
 比例限度域が不明瞭であり、また、めり込み剛性や比例限度力は、めり込み強さの大きさの割に小さい。  
 材端部は、各性能値において中間部の約0.8倍を示す。  
 原料がヒノキの場合、スギに比べ強度が約2割高い。  
 120mm正角は、105mm正角に比べ剛性が低い。  
 密度と部分横圧縮性能とは高い正の相関をもつ。  
 めり込み剛性や破壊性状の点で、また、任意に材せいの設定が可能という利用上の点で、荷重方向に対しプレス面が平行になる使い方が垂直使いより好ましい。  
 SSTのめり込み強さについては、構造用軸材としての性能を有し得ることが分かった。しかしその一方で、他の製材や集材材に比べ比例限度域が不明瞭であり、これは圧縮成型品の特有な性質ではないかと思われた。部分横圧縮性能が高く求められるような使用環境において、その性質がどのように影響するかを確認する必要性が感じられた。

参考文献

- 1) 東野正: 日本木材学会大会要旨集, p.108, (2002.3)
- 2) 占部, 他3名: 木科学情報 Vol.7, No.2, p.35-36(2000.4)
- 3) 占部, 他1名: 木科学情報 Vol.7, No.4, p.61-62(2000.11)
- 4) 構造用木材の強度試験法, (財)日本住宅・木材技術センター, 40-43(2000.3)

## “トピックス”

### CNCルータによる木材および木質材料の 高精度自動加工を目指すシステムの開発

大内 毅



#### 1. はじめに

近年、木工機械の自動化は、NC (Numerical controlled) から始まり、CNC (Computer numerical controlled) へと発展してきました。NC工作機械とは、工作物に対する工具の相対的な位置や向き、工具経路、テーブルの送り速度、主軸回転数等の加工情報を、コントローラが数値情報に変換し、工作機械に順次送信することによって、加工が自動的に行われる機械のことです。NC工作機械は、直線補間や円弧補間を行う機能を有しており、これらの自動プログラミング処理をソフト的に行うコンピュータを導入することで、CNC工作機械が生まれました。CNC工作機械は、コンピュータのCRT画面で加工状況の確認が容易に行える事や、キーボード入力によってプログラムの作成が出来る事等、操作性に優れている点から、現在工作機械の主流になっています。

このCNC工作機械の中でも、CNCルータは、溝突き、面取り、切り抜き等の各種切削加工が可能であることから、家具工場等の木材加工工程に最も普及している木工機械の一つです(写真1)。

そこで最近筆者らは、CNCルータ加工に注目し、CNCルータを用いた木材および木質材料の高精度自動加工を目指すシステムの開発に取り組みました。ここでは、その研究概要を紹介します。

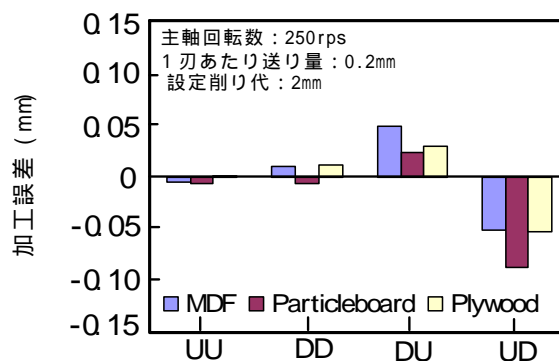
#### 2. 溝突きおよび溝の側面加工精度

CNCルータ加工は、コンピュータに入力された加工プログラムによって機能するため、繰り返し同様の加工が可能となり生産性の向上が期待できます。一方、加工プログラムの内容がそのまま加工精度に反映されるため、プログラミングにおける加工条件の選定が特に重要となります。したがって、被削材の特性や加工条件の違いが加工精度に及ぼす影響等を熟知したプログラミングの構築が必要となり、そのプログラミングの構築のためには、CNCルータ加工の加工精度に関する基礎資料の収集が必要になります。

そこで、CNCルータ加工の中で最も加工頻度の高い溝突きおよび溝の側面加工に着目し、その加工精度(溝幅)に及ぼす各種加工条件の影響について調べました。結果の一例として、溝の側面加工における加工誤差と上向きおよび下向き切削の組合せの関係を図1に示します。



写真1 3軸制御CNCルータ



上向き下向き切削の組合せ  
図1 加工誤差と上向き下向き切削

溝突き加工後の溝の両側面は、工具の回転方向と送材方向が相対する上向き切削面と、両者が同方向の下向き切削面で構成されます。したがって、上向き切削面に対して上向きおよび下向き切削(UU、UD)、下向き切削面に対して上向きおよび下向き切削(DU、DD)の側面加工が考えられます。同図中の横軸の組合せとは、これら4通りの組合せのことを意味しています。同図より、UUおよびDDの加工誤差はほぼ0付近の値を示していることから、加工精度は良好であるといえます。したがって、溝の側面加工では、溝の両側面が上向きおよび下向き切削面の組合せとなるように工具経路を設定すれば、加工誤差を小さくすることができます。



### 3. 工具摩耗が加工精度に及ぼす影響

CNC木工機械は、一般的に生産ラインに導入され、厳しい加工条件下で長時間に渡って加工が行われます。そのため、工具摩耗が進展し製品の品質や生産性に大きく影響を及ぼすことが推測されます。このように、実用上重要な工具摩耗の影響について十分な調査と研究が必要不可欠となります。

そこで、予め刃先を摩耗させたビットと未摩耗ビットを準備し、各種加工条件下で溝突き加工を行い、溝の加工精度に及ぼす影響と、その時発生するバリについて検討しました。結果の一例として、MDF、パーティクルボードにおける加工誤差および下向き切削面に発生したバリの面積と摩耗量の関係を図2に示します。MDF、パーティクルボードともに摩耗の進展に伴い加工誤差は負の方向に増加しており、加工精度が低下する傾向が認められます。バリ面積も摩耗の進展に伴い増加しており、バリ発生が顕著となる傾向が認められます。以上のことから、高精度切削加工の実現には、工具摩耗を監視することが重要であるといえます。

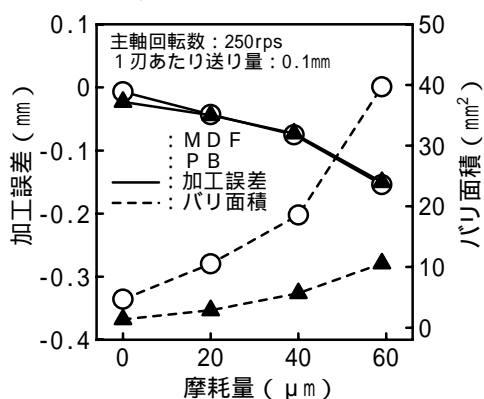


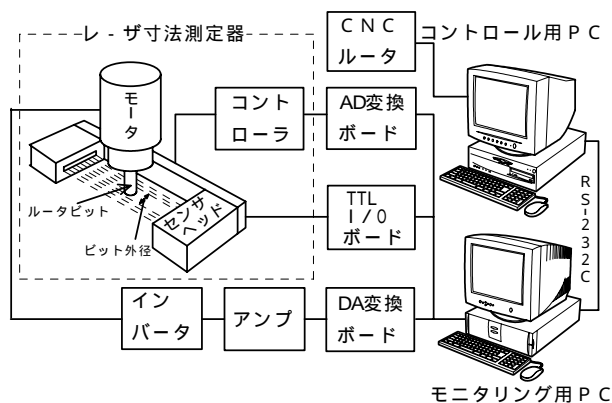
図2 加工誤差およびバリ面積と摩耗量の関係

### 4. 工具摩耗自動監視システム

生産ラインに組み込まれているCNC木工機械については、低コスト化あるいは効率的加工の実現のため、自動化、無人化が強く求められています。また、先にも述べたように、高精度切削加工の実現には、工具摩耗を監視することが重要です。以上のことから、CNCルータ加工においても、加工工程における工具摩耗進展の自動監視システムの開発が重要になります。

そこで、工具摩耗検出センサとしてレーザ寸法測定器をCNCルータに導入し、加工工程における工具摩耗進展を自動監視するシステムを開発しました。図3に、そのシステムの概要を示します。

本システムは、主に、レーザ寸法測定器、CNCルータに付属するコントロール用PC、およびこれらを制御するとともにデータをサンプリングするモニタリングPCから構成されています。測定では、まずモニタリング用PCが高速回転中のビットの回転数を、図3工



具摩耗自動監視システムの概要

30rpsに落とすとともにレーザ光がビットに当たるように、ビットをセンサヘッド内に移動させます。ここで、レーザ寸法測定器が出力するビット外径のアナログデータをサンプリングし、ビット外径の最大値を算出します。この測定を、工具の摩耗部と未摩耗部で行い、両者の差から摩耗量を決定します。本システムを検証するために、パーティクルボードを供試して溝加工試験を行い、ビット摩耗量を本システムおよび触針式粗さ測定器を用いて測定しました。

両測定で得られた工具摩耗進展結果を図4に示します。同図より、両者がほぼ一致していることから、本システムは精度良く摩耗量を自動監視できることが明らかとなりました。

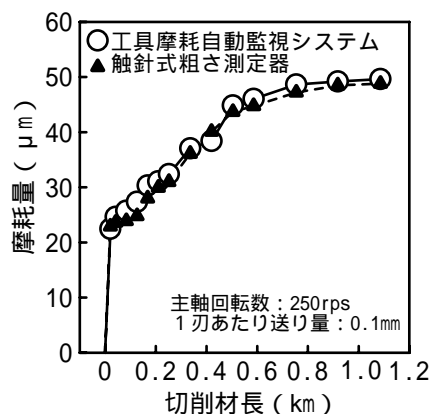


図4 摩耗量と切削材長の関係

### 5. 適応制御溝加工システム

先に得られた加工精度に関する基礎資料(データベース)を基に、工具摩耗進展に対応して低下する溝突き加工における加工精度を改善し、その時発生するバリを抑制する適応制御溝加工システムを開発しました。すなわち、工具摩耗進展に対応して最適加工条件を自動的に決定する適応制御プログラムを開発し、工具摩耗自動監視システムを有するCNCルータに導入しました。その適応制御プロセスのフローチャートを図5に示します。

このプロセスは、まず、ある加工プロセスを実施し、設定した部品数あるいは加工時間に達すると、工具摩耗量を自動測定します。そして、測定した摩耗量に対応して、データベースに基づき、溝の加工精度を改善し、バリ発生を抑制する最適加工条件を決定し、それを基にNC加工データを再構築して加工プロセスに復帰します。

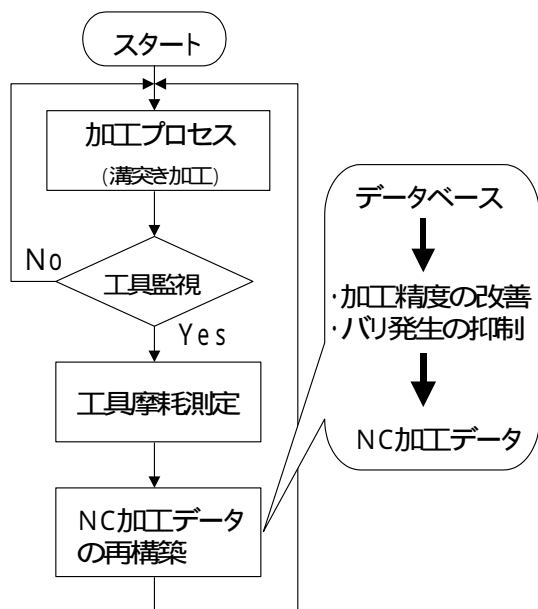


図5 フローチャート

加工精度の改善は、加工誤差が切削円直径の減少に起因していることから、溝突き加工後、ビット摩耗量分削り代を設定し、さらに、溝の両側面が上向きおよび下向き切削面の組合せとなるように工具経路を設定して、再度側面加工を施すことによって行いました。バリ発生抑制は、バリ発生の傾向が1刃あたり送り量によって異なる点に注目し、工具摩耗進展に対応して1刃あたり送り量を変化させて行いました。

検証実験は、本システムによる適応制御溝加工と比較のために通常の溝突き加工を行い、加工後それぞれの加工誤差とバリ面積を測定しました。その結果の一例を図6に示します。同図より、適応制御溝加工は、通常の溝突き加工に比べ高精度でバリ発生が少ないことが認められました。

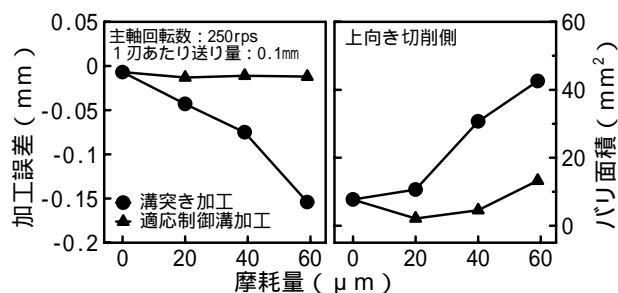


図6 加工誤差およびバリ面積と摩耗量の関係

以上のことから、本適応制御溝加工システムは、ビット摩耗進展に対応して加工精度を改善し、バリ発生を抑制する高精度適応制御溝加工が可能であることが明らかとなりました。

## 6. おわりに

本研究では、CNCルータ加工の加工精度に関する基礎資料を収集し、その資料を基に高精度自動加工を目指す適応制御溝加工システムの開発を行いました。しかし、工具摩耗進展に伴って発生するバリの検出については、直接的な監視方法でないため、信頼性に欠ける点で問題となることが予想されます。今後は、この問題を解決するために新しいセンサの導入を検討し、さらに研究を進めようと考えています。

(おうち たけし:九州大学大学院農学研究院)

## 〔編集後記〕

木科学情報9巻4号をお届けします。シリーズ“森林資源と地球環境”では九州大学の森田光博先生に寄稿いただきました。また、8月に大分県産業科学技術センターで開催された第9回支部大会の報告を大分大学の井上正文先生、宮崎県木材利用技術センターの藤元嘉安氏、九州大学の清水邦義先生からいただきました。さらに、その大会で、「黎明研究者賞」を受賞された一本木智敬、大内成司、森園真子の3氏に受賞報告をお願いしました。トピックスは九州大学の内内毅先生から寄稿いただきました。その他、研究論文2編を掲載しております。お忙しいなかご執筆いただいた方々に厚くお礼申し上げます(古賀信也)。

## 〔各種問い合わせ先〕

支部全般に関すること(総務 松村順司)  
E-mail: matumura@agr.kyushu-u.ac.jp  
Tel: 092-642-2980

会費、入退会に関すること(会計 藤本登留)

E-mail: fujipon@agr.kyushu-u.ac.jp

Tel: 092-642-2997

支部ホームページ

<http://rinsan.wood.agr.kyushu-u.ac.jp/>

## 木科学情報 9巻 4号

2002年10月10日発行

編集人 村瀬安英

発行人 藤田晋輔

発行所 日本木材学会九州支部

〒812-8581

福岡市東区箱崎 6-10-1

九州大学大学院農学研究院

森林資源科学部門内

電話 092-642-3001

FAX 092-642-3078