

# 2011 年度木質物性研究会・木材と水研究会合同講演会・見学会開催報告

寺西康浩（奈良県森林技術センター）

中嶋 康（岩手県林業技術センター）

金山公三（産業技術総合研究所）

杉山真樹（森林総合研究所）

## 1. はじめに

2011年9月1日（木）～2日（金）の2日間、梓水苑（長野県松本市）において、2011年度木質物性研究会・木材と水研究会合同講演会および見学会（主催：日本木材学会木質物性研究会、同木材と水研究会、協賛：（社）日本木材加工技術協会、産総研コンソーシアム持続性木質資源工業技術研究会）が開催されました。なお、日本木材学会レオロジー研究会は、レオロジーに限定することなく、多面的な検討を進めることにより、木質物性の理解を深めることを目指して行くことを目指して、今年度から木質物性研究会と名称を変更し、新たな一歩を踏み出しました。

今回の講演会は、「木質物性と木材乾燥（基礎から実用まで）」をテーマとし、木材乾燥について基礎から実用にわたって幅広く情報収集してもらうとともに、参加者全員で今後の木材乾燥の将来展望について考えることを目的として企画しました。講演会では、大学・公設研・企業で活躍する研究者および技術者にご講演いただきました。

本稿では、研究会幹事として、今回の講演会および見学会の企画・運営に関わった立場からその概要を報告させていただきます。



写真1 会場の様子

## 2. 講演会1日目

### 2.1 「木材の構造（マクロからミクロまで）」

樹木は「生物として」合理性の高い構造を獲得しています。この生物材料を伐採して人間が有効利用するためには、「マクロな樹体レベルからミクロな細胞レベルの構造までを理解した上で、特徴を制御して上手く使うことが重要」という氏の持論を多くの例を示しながら分かりやすく話していただきました。

針葉樹と広葉樹、早材と晩材、心材と辺材と白線帯、成熟材と未成熟材、あて材と生長応力などについて、細胞レベルでの話とマクロな力学特性などを関連付けて説明されました。それらを踏まえて、木材中の水分量変化によって、体積（寸法・形状）の変化のみならず、強度変化をも生じるメカニズムへと話を進められ、木

京都府立大学：古田 裕三 氏



写真2 古田 裕三 氏

材乾燥による反りや割れの発生へと導かれました。

最後に、「乾燥という履歴」の重要性について、木材の粘弾性特性、微細空隙分布、クリープも含んだ変形特性など、多くの実験例を示して紹介されました。これらは、水分、温度、力学条件などの絶対値変化のみならず変化速度や変化経路によって、木材の各種物性値が影響を受けるという最新の研究成果であり、学問的にも実用的にも興味深いものでした。

## 2.2 「高温蒸気式乾燥で生じる諸現象」

長野県林業総合センター：吉田 孝久 氏

高温蒸気式乾燥研究の第一人者として、高温蒸気式乾燥スケジュールの変遷と諸現象について、豊富な試験データを基に解説・紹介いただきました。

具体的には、心持ち正角材の蒸気式乾燥スケジュールは材面割れ、材色および乾燥時間の観点から、水分傾斜低減法（従来の低・中温乾燥）ではなく高温乾燥法（高温・低湿度一定条件で乾燥）が使われるようになったこと、その後、内部割れの抑制のため、高温乾燥スケジュールから材面付近にドラインセットを形成するための「高温セット処理」が分離され、処理後の乾燥条件を 100℃より低い 80



写真3 吉田 孝久 氏

～90℃とする方法（高温セット乾燥法）へと変遷した経緯について、グラフや写真をもとにわかりやすく解説されました。また、高温蒸気式乾燥による諸現象として、高温セット乾燥材の①材面割れと内部割れ、②水分傾斜と平衡含水率、③材色、④収縮率、⑤強度について、乾燥条件や樹種間の比較を行いながら、その特徴を総論的に解説いただきました。

氏は講演の中で、「高温セット乾燥材の残留応力は半永久的と考えて良いか？」など、氏自身が普段感じている9つの疑問・質問を講師、参加者へ投げかけられ、2日目の討論が盛り上がるきっかけを作られました。

## 2.3 「過熱蒸気による熱処理木材の物性と過熱蒸気を使用した蒸気減圧併用乾燥の特徴」

ヒルデブランド株式会社：印出 晃 氏

前半は、ヒルデブランドで商品化した過熱水蒸気を用いた高熱処理木材「ヒートウッド」について、従来までの高熱処理材の課題であった、異臭の発生・触感の悪さを解決し、フローリング等屋内への使用が可能となったことを解説いただきました。また、高熱処理木材について、高温処理ほど含水率1%あたりの膨潤・収縮率が減少するのはなぜ？平衡含水率が低下するのはなぜ？など、生産者の立場から木材と水と熱に関する率直な疑問点を、最先端の研究者に対して問いかけをいただきました。



写真4 印出 晃 氏

後半は、ヒルデブランド製の蒸気減圧併用乾燥機について、①高压と真空を繰り返し効率的に水分放出することで含水率むらをなくすこと、②高温・高压蒸煮により5時間の処理で中心部 120℃まで昇温が可能であること、③压力下で高温セットする

ため、セット時間が短くても材面割れの発生が少ないこと、④最後に中温で真空沸騰させるため材内部の水分移動を促進し乾燥時間が短縮されることなどの特徴を解説いただきました。

## 2.4 「乾燥における割れの抑制と過熱水蒸気処理」

森林総合研究所：小林 功 氏

過熱水蒸気の木材乾燥における利用の経緯と、割れの抑制への応用についての研究成果について解説いただきました。

過熱水蒸気とは、「操作圧力下で飽和水蒸気を加熱して、沸点以上の温度とした完全に気体状態の水」であり、木材乾燥では 100℃より高い常圧の水蒸気が過熱水蒸気と呼ばれ、国内の高温蒸気式乾燥機で用いられる「常圧、乾球温度 > 100℃、湿球温度 < 100℃」の雰囲気は過熱水蒸気と空気の混合気体であることについて、図を用いて解説されました。



写真5 小林 功 氏

針葉樹心持ち材の材面割れ抑制のため、高温乾燥法（終始高温、低湿）が開発されました。しかし、この方法では乾燥時間は短いですが内部割れが生じやすく、現在は若干乾燥時間が長いですが高温セット処理後、温度を下げるのが一般的です。この限界を超えるため、加圧過熱水蒸気を用いた 100℃を超える高温・高湿条件によって、表層と内部のセット量を制御して材面・内部ともに割れの少ない高速乾燥を実現した成果について解説いただきました。

この成果は、木材に適切な温度・湿度・処理時間を与えれば、たとえ心持ち材であってもセット量、割れ、乾燥速度の制御ができることを示しており、今後は用途に応じた品質の乾燥材を最短時間で生産する乾燥スケジュール決定法の確立を目指したいとの展望を示されました。

## 2.5 「パネル生産ラインの概要と今後の展開」

ミサワホーム株式会社：飯田 朋治 氏

ミサワホーム株式会社の概要と歴史から始まり、これまで取り組んできた事業について説明されました。また、ミサワホームの基本理念と翌日のテクノエフアンドシー株式会社松本工場の見学に先立ち、パネル生産ラインの概要について説明いただきました。最後には、ミサワホームの生産ラインについて今後の展開を生産性のみならず環境に対する取り組みも含めて具体的に述べられました。（詳しくは、後述の「見学会」を参照）



写真6 飯田 朋治 氏

## 3. 講演会 2 日目

### 3.1 「高周波蒸気複合乾燥における諸事例」

山本ビニター株式会社：永田 総司 氏

高周波蒸気複合乾燥機の製造企業として、実用化に至るまでの経緯、本乾燥方法の原理・機構を

解説いただくとともに、試験機（実大材サイズ）での結果や実用機導入先での運転結果など、数多くの事例を紹介いただきました。

具体的には、①ヒノキ丸み付き正角材の材面割れ低減を目的とした取り組み、②ベイマツ心去り平角材の中温域での乾燥処理に高周波加熱を複合した取り組み、③スギ材とカラマツ材との同時乾燥処理、④ヒノキ材とアカマツ材との同時乾燥処理、⑤水くい材を含むトドマツ正角材の乾燥処理、などについて解説いただきました。また、それぞれの事例ごとに、乾燥後の品質評価（含水率・材面割れ・内部割れ・ねじれの状況）、コスト評価および今後の課題点についても簡潔に整理しながら解説いただきました。



写真7 永田 総司 氏

### 3.2 「熱処理が木材の強度に及ぼす影響」

製材品の強度データを最も蓄積している研究機関の代表として、テーマである熱処理が木材の強度に及ぼす影響について、小試験体および実大材による実験結果を中心に紹介いただきました。

具体的には、①スギ小試験体の曲げ、せん断、衝撃曲げ強度性能に及ぼす熱処理の影響、熱処理の温度や時間と平衡含水率の関係、②実大材については、スギ材を中心に、乾燥条件が各種応力に及ぼす影響、含水率補正の妥当性について試験結果を紹介いただくとともに、内部割れと強度性能については、樹種別の特徴についても紹介いただきました。

また、構造用製材の現行の規格・基準について、許容応力度や強度特性値の設定の根拠について解説していただき、その基となったデータの大部分が中温乾燥材のデータであることを教示いただきました。

さらに、良くある質問として、「割れている材料は弱いのか？」などについて、氏の見解を披露していただき、最後には、「全乾法による含水率を高精度で推定できる技術の開発」、「強度特性値の含水率補正方法」、「熱処理による強度変化のメカニズム解明」という、今後の製材品（乾燥材）の利用促進に重要・不可欠な課題を示されました。



写真8 加藤 英雄 氏

### 3.3 「破壊力学からみた乾燥割れ」

静岡大学：祖父江 信夫 氏

破壊力学は、ガラス、セラミックスやプラスチックやその複合材などを扱う場合には一般的学問ですが、木材を扱う場合にはなじみが薄い学問分野です。しかし、木材の乾燥割れの理解のみならず木材を長く使っていく上での破壊力学の重要性について、多くの研究成果を交えつつ解説していただきました。

破壊力学は、材料が少し壊れて生じた「き裂」が、その後どのように振る舞うかを扱います。すなわち、存在しているき裂が進展して割れが大きくなるのか、あるいは停止を維持するのかを議論する学問です。この発生したき裂の進展や停滞は、含水率変化などの乾燥条件に起因するエネルギー蓄積の影響を受けます。さらに、木材の構造の影響も受け、木表側からの方が木裏側からよりもき裂が進展し易いことが実験で確認されました。また、き裂の結合、き裂の干渉（稲妻割れ）など、現実の乾燥割れの破壊力学的な解釈を分かりやすく説明していただきました。



写真9 祖父江 信夫 氏

特筆すべきは、昨年同様に「前日からの講演における疑問点や問題提起」に対する見解（回答）を短時間のうちに手際良く準備され、講演の中に組み込みつつ紹介されたことです。さらに、要所要所で、会場の聴衆の中の適任者を指名してコメントを求めながら、考え方の幅を広げつつ整理を進め、「木材乾燥における個々の問題点に関する考え方のベクトル」を聴衆が共有する方向へ導かれました。

難解な部分も含む硬い講演の中にユーモア溢れる内容を織り込み、最後は、「一本のひび割れは、みずからの乾燥履歴を語っている」と深遠な言葉で締め括られました。

#### 4. 見学会

2日目の午後から、長野県松本市今井のテクノエフアンドシー株式会社松本工場を会場として行われました。まず、同社の国内8工場のうち岩手工場、沼田工場、梓川工場、松本工場の4工場を統括されている東日本統括部長（執行役員）の柳谷三郎氏より、歓迎挨拶、工場の移り変わりや全国展開の様子などの説明がありました。

その後、構造用木質パネルの製造ラインを見学しました。本工場では、ミサワホームのオンライン受注生産が行われており、施主の邸毎に資材の発注からサイズやバリエーションに富んだパネルの製造が行われる一方で、ストックなどを抱え込まない無駄の無いシステムが印象的でした。ラインはパネル用板材の切り出しから、接着・組み立てと梱包までが一連の流れになっており、工程ごとにコンピュータによる形状・寸法を始めとするエラーの自動検出・管理がなされ、一つでも問題があればストップし先に進めないという厳しいものでした。また、パネルなど製造の手順も現場での作業効率を考慮されたものであり、施行現場での部材の組み立て順番とは逆になるように製造し、それらをまとめてセットアップして発送することで現場施工が円滑に進む工夫もなされていました。当然、安全管理も徹底されており、工場内は整理整頓されていました。以上のように、受注から受け渡しまでの時間を限りなく短縮するための技術・ノウハウに加えて、施主が実際に自分の家が製造される様子を見学することも可能であり、顧客の安心感・満足感をサポートするサービスもなされていました。見学の最後には、当工場で作られた住宅部材の展示もあり、技術レベルの高さを肌で感じることのできる見学会でした。

#### 5. その他

1日目の夜には懇親会にひきつづき、昨年のレオロジー研究会（現在の木質物性研究会）で大変好評を博した若手研究者や企業の技術者らによる研究事例の報告会が開催され、熱い議論は早朝ま

で続けました。

## 6. おわりに

本講演会は、70名を超える方々に参加いただきました。これは、木材乾燥が木材産業において重要な課題であることの現れでと思われます。

今回の講演会では、木材物性の基礎を担当していただいた2名は、講演順序を講演会の最初と最後に配しました。最初に木材物性の概論講演を配し、後に続く木材乾燥に関わる割れや狂いなどの様々な現象の理解を深

めることを目指しました。これを受けて、多岐に亘る乾燥方法について、これまでの研究成果および今後解決しなければならない課題を整理し紹介いただきました。それらを踏まえて、最後の講師が総合的にまとめました。2日間の講演会と見学会を通じて、木材乾燥に関する長年の研究の蓄積を共有するとともに、基礎研究と実用研究両面からのアプローチで乾燥研究の一層の進展へのヒントを数多く見出したことは大きな収穫です。今後もこのような講演会を継続的に開催したいと考えています。多数の皆様に参加いただければ幸いです。

最後に、講演者の皆様、見学を受け入れていただいたテクノエフアンドシー株式会社の皆様、ご参加いただいた皆様に心から感謝申し上げます。



写真10 夜の検討会の様子