

## 産学官連携による近年の木材関連研究

池田 潔彦（静岡県立農林環境専門職大学生産環境経営学部）

### I. はじめに

静岡県では、行政施策の基本方針・施策として、成熟した森林資源の循環利用を図り、持続的な森林経営を確立及び森林資源の安定供給体制の確立、ビジネス林業の定着、森林資源の需要拡大を掲げている。それら行政施策を技術面から推進するため、筆者が以前に在籍していた静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター（以下、森林研センター）では、県産材の安定供給体制の確立と県産材製品の需要拡大等に関連する課題について、森林資源利用科（2018年に木材林産科から改称）で取り組んできた<sup>1)</sup>。同科では、スギ、ヒノキ林分から中・大径材の供給増予想に伴う利用拡大に向けて、木材・木質材料など加工製造の合理化や信頼性向上及び低コスト化を進めるとともに、住宅や中・大規模木造建築物の材料として多様化するニーズである強度・耐力性能、耐久性、意匠性など品質・性能を充たす技術開発や、森林資源（川上）から製品（川下）に至る安定供給が図れる経営・流通面の技術開発等を進めてきた。

近年では、開発した製品や技術手法の実用化、現場への迅速な普及展開を図る観点から、木材関連研究の大半は、他の研究機関や企業団体等が連携した“産学官コンソシアムによる国補プロジェクト研究”や、県内企業団体等と連携し成果の現場への実用化導入を想定した“静岡県新成長戦略研究”、更には、県内企業団体との共同研究に従事してきた。本稿ではそれらの概要と、当学にて継続して現在実施している研究概要を記す。

### II. 産学官連携による国補プロジェクト研究

1 要求性能に応じた木材を提供するため、国産大径材丸太の強度から建築部材の強度を予測する技術の開発 【農研機構生研支援センター：革新的技術開発・緊急展開事業（うち先導プロジェクト）】〔2016～2020年〕

連携機関：森林総合研究所、マイクロメジャー(株)、(株)オーアイ・イノベーション、他8機関

国産大径材の供給増加が今後見込まれるが、強度、含水率等のばらつきが大きく安定供給への懸念等から価格が低迷し、林業収益悪化の一因となっている。そのため、本研究では、丸太品質の非破壊評価技術の開発、丸太品質・木取りと製材品強度特性の関係解明、効率的製材・乾燥システムの開発により、大径材から梁桁等の横架材や枠組壁工法用部材の生産が可能な大径丸太を確率90%以上で選別する技術開発や、開発された丸太判別技術を用い、木材の加工・流通の効率化を行い、木材加工業者の収益性が20%以上向上する加工・流通システム実用化を目的として実施した。

それら研究課題のうち、筆者らは（国研）森林総合研究所、マイクロメジャー(株)と連携して、丸太品質の非破壊技術の高度化・電気的手法による含水率分布の評価を担い、スギ大径丸太の内部（心材）含水率分布を高精度に評価することを目的とし取り組んだ。非接触式では高周波域電磁波の位相と減衰の変動量やガンマ線の検出量変動による評価手法（写真1）と、接触式では針式電極等による静電容量による評価手法の有効性を明らかにすると共に、試作装置を開発して推定精度を検証した。また、他の研究成果を併せたプロジェクト研究全体の成果について普及広報用パンフレットが作成されている<sup>2)</sup>（写真1）。

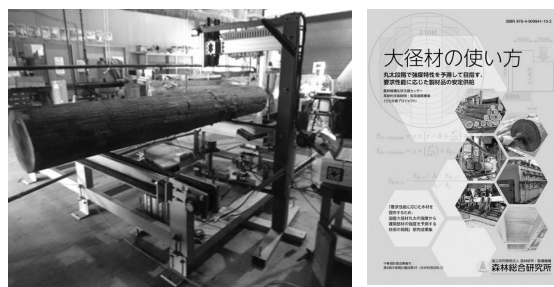


写真1. 試作した丸太内部水率評価装置と研究成果リーフレット

現在、森林研センターとの共同研究により、開発した試作装置の実用化導入に向けて、県内の製材工場や原木市場等の協力により活用方法と装置改良等を継続して実施している<sup>3)</sup>。

2. 原材料の安定供給による構造用集成材の低コスト化技術の開発【農研機構生研支援センター革新的技術開発・緊急展開事業（経営体強化プロジェクト）】〔2018～2020 年〕連携機関：森林総合研究所、秋田県立大学、日本集成材工業協同組合、岡山県森林研究所、協和木材㈱、(株)諸岡

本研究は、国産材による大断面構造用集成材（以下、集成材）の市場拡大に向けて、その生産性やコスト削減を図る技術開発と共に、安定供給体制の構築に必要な手法等の確立が主目的である。

筆者らは、森林総合研究所、岡山県森林研究所と連携して、製材工場で生産されている間柱を集成材用ラミナとして安定供給するための製材加工や流通手法等を解明し、乾燥コスト削減が図れる効率良い人工乾燥技術を確認するための技術開発を実施した。材厚 30～50mm のラミナ材を対象とした減圧乾燥装置による最適な人工乾燥スケジュールを策定するとともに、乾燥装置自動化が図れる重量測定器や乾燥後の仕上がり程度の簡易測定可器具を開発した。また、県内製材工場で稼働している実大減圧乾燥装置を用いて乾燥コストの削減効果を検証した結果、約 5% のコスト削減が、他の成果と併せた全体の生産コストが現状と比べて約 11% 削減できることが確認された。更に、県県内外の集成材企業等の協力を得て、ラミナから集成材製造に至る製造歩留まりや丸太供給シミュレーションモデル等により検討した結果から、丸太から製品に至る安定供給が出来ることが明らかにされた<sup>4)</sup>（写真 2）。



写真 2. 実証試験に用いた弱減圧乾燥装置と研究成果リーフレット

3 国産早生樹種の用材利用に向けた材質・加工特性の解明【「交付金プロジェクト研究」〔2018～2021 年〕連携機関：森林総合研究所・東大樹芸研・岐阜県生活技術研究所、㈱ノダ、掛川市森林組合

成長の優れた早生樹の活用により、早期保育コストの低減や伐期の短縮化による林業の収益性向上が期待される。また、一部の早生樹については家具、内装材など従来のスギ、ヒノキ等の用途よりも高い材価で取引される用途での利用が期待される。早生樹は成長の早いことが特徴であるが、一方で、寸法変化やねじれ等による変形、材面の落ち込みなど、材の価値低下や加工の困難の原因となることが懸念される。本研究では、静岡県内の試験林や見本集植林などに生育された早生樹候補樹種について、構造材や家具造作材等の用途を想定し、材質、物性、加工特性の解明を目的とした。ユリノキとコウヨウザンを対象樹種とし、立木伐採から製材加工等を委託する県内の森林組合、製材工場等に研究内容・目的を共有して、調査過程等での協力を得て実施した（写真 3）。その結果、両樹種ともに生長形質、材質面で早生樹として有望であることが分った。また、コウヨウザンについては、鹿児島大学、林木育種センターとの共同研究でも生長形質や樹幹含水率<sup>5)</sup>を解明した。

研究終了後も、両樹種とも県内での合板企業や家具製造企業等との共同研究により、合板や家具の試作製造、性能評価を行うとともに、両樹種苗木等を県内に植栽した試験地等で生長調査も継続して実施している。一方、新たな早生候補樹種として、県内各地に植栽されているテーダマツ、スラッシュマツに注目して、森林・林業研究センター、天竜森林管理署、県内合板企業との共同研究により生長形質や材質解明を進めている（写真 3）。



写真 3. 早生候補樹種

左：ユリノキ立木、右：スラッシュパイン丸太

### III. 産学官連携による県内プロジェクト研究

#### 1 中・大径木の乾燥材生産技術の開発【国補普及活動システム化事業】〔2010～2012 年〕

連携先 しずおか優良木材供給センター、静岡県木材協同組合連合会、永田木材㈱、㈱大井製作所

住宅用の柱や梁など構造部材の乾燥技術として多くの試験に基づき、各種人工乾燥機（蒸気式、減圧式、高周波式）の乾燥スケジュールや、天然乾燥に必要な期間、諸条件等を解明した。また、柱や梁などの実大材の強度試験結果に基づく強度等級区分の有用性及びそれに必要な技術手法とも併せて、県内の製材工場に対して技術の普及指導を実施してきた。それにより、品質・性能の確かな“しずおか優良木材”や JAS 製材品の生産及び安定供給増の促進を図ってきた。

また、大径材から木取りされる芯去り平角等の大断面材などの断面寸法別に乾燥スケジュールや、不良率を下げる方法を提示し、しずおか優良木材供給センターの会員を中心とした県内の製材工場に対して講習会や出前講座等による技術普及を図った。これらの取り組みによって、県内の製材工場においても乾燥材生産や JAS 認定工場の登録が進む一助となり、県民に品質・性能の確かな木材が供給に繋がっている。

#### 2 住宅部材の外材から県産スギへの転換技術【静岡県新成長戦略研究】〔2013～2015 年〕

連携先：マイクロメジャー㈱、江間忠ウッドベース㈱、静岡県森林組合連合会、静岡県集成材工業会、大井川小径木加工事業協同組合

本研究は、今後供給の増加が見込まれるスギ中・大径原木の材質特徴を活かし、外材の使用比率が高い梁桁を県産材に転換するため、原木から製品に至る効率の良い製造管理技術の確立と、付加価値・価格競争力のある製品開発を行った。

原木グレーディングマシンの開発：スギは原木の水分量（含水率）が高いため乾燥が難しく強度のばらつきが大きいことから、製材した梁桁製品の品質・性能に影響を及ぼす。そこで、原木段階で、電磁波等の新たな手法による水分量（含水率）とヤング率（強度）の評価に基づき、品質・性能の確かな梁桁製品の原料選別が行える“原木グ

レーディングマシン”を開発し、原木市場でのデモ稼動等により実用製品化の目処を得た。なお、これら成果は、2.1 項で記した研究に繋がっている<sup>6)</sup>。

スギ積層接着合わせ梁の開発：木造住宅の主要部材のうち県産材使用比率は、柱が 50%であるのに対して、梁桁が 5%と極めて低く、その半数近くは輸入集成材が使用されている。そこで、梁桁部材の輸入集成材から県産材製品に転換するため、県産スギ中・大径木から無垢材の質感を有し、品質・性能の確かな梁桁用製品“スギ積層接着合わせ梁”を開発し、共同研究した企業で製造・販売され在来軸組工法住宅の梁桁部材として利用されている（写真 4）<sup>7,8)</sup>。

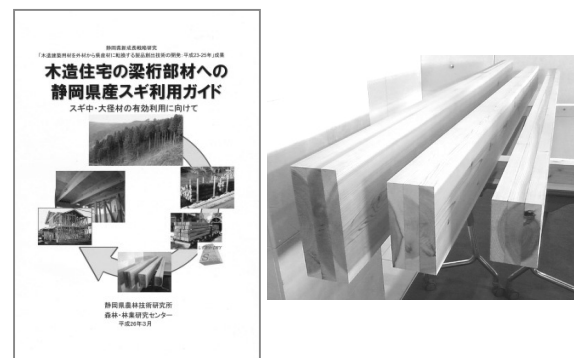


写真 4. 開発したスギ積層接着合わせ梁と研究成果リーフレット

#### 3 大手ハウスメーカー用ヒノキ認証集成材の開発【静岡県新成長戦略研究】〔2016 年〕 連携先：積水ハウス㈱、天竜材水平連携ネットワーク

平成 28 年度に実施した新成長“緊急対応枠”研究では、虫害や中・大径の森林認証材を活用し、大手ハウスメーカーの要求基準を満たす、ヒノキ認証集成材の開発に取り組んだ。

森林認証林（FSC 認証）で生産したヒノキの虫害材と中・大径材の丸太を県内工場でひき板に製材後、岡山県の集成材工場に輸送し、柱用、梁桁用の集成材を試作した。集成材の試作過程で判明した製品製造コストと価格は、虫害材では、虫害痕有の集成材製品が使用できない場合、価格が大幅に高くなり、利用できる場合でも中・大径材とほぼ同等なことが解明された。一方、中・大径材から製造した集成材は、大手ハウスメーカーの要求価格 1 m<sup>3</sup>当り 9～12 万円を満たしたが、輸入

集成材との価格差が1 m<sup>3</sup>当たり約1万円あるため、更なるコスト削減の必要ことが解明されると同時に、大手ハウスメーカーの有する県内の加工工場拠点を活かした物流コスト削減することで、天竜地域のFSC森林認証林から製造されたヒノキ集成材柱が「しずおか檜」ブランドとして住宅部材として使用されている（写真5）。



写真5. FSC天竜ヒノキによる集成材柱

#### 4 “森林の都”を実現する県産材の需要と供給の拡大のための技術開発【静岡県新成長戦略研究】

〔2014～2016年〕連携先：静岡県工業技術研究所、(株)豊岡クラフト、県森林組合連合会、県木材協同組合連合会、県家具工業組合、(協)ジャパンウッド、和信化学工業(株)、(株)アルモニコス、エイ・エフ・エム・ジャパン(株)、(株)ヤスジマ、(株)江間忠ウッドベース

ヒノキ根元材を利用した家具の開発：地域資源の活用による差別化や輸入木材の高騰などから、家具部材として地域産木材利用に対する要望が高まっている。家具材には、節の少ない材が好まれるが、一般的に針葉樹材は節が多く、家具材に適した節の少ない材を低価格で安定的に供給するのは困難である。節が出現しにくい根元材が家具に利用可能であれば、節の少ない材としての需要が新たに生まれる。根元材から採取した板の節の出現状況と乾燥に伴うソリの発生状況を調査したところ、節、ソリとも少なく家具材として適当であると判断された。その後、家具メーカー「豊岡クラフト」との共同研究により、ヒノキ根元材からの原料木取りや乾燥方法を検討して「文具ケース」、「ペンケース」、「名刺ケース」、「書見台」の4種の卓上小物家具を試作開発し、現在、製品販売が進んでいる（写真6）<sup>9)</sup>。

コナラ材によるウッドデッキ部材の開発：近年、公共施設や商業施設等における木製施設としてウ

ッドデッキの施工がよく見られる。しかし、それらの多くは熱帯産広葉樹が利用されている。これら熱帯産広葉樹は、屋外耐久性や強度の点からウッドデッキの原料として今後、資源問題や価格など広く普及する上で課題がある。

そこで、これらウッドデッキ部材を県産材に転換するため、シイタケ原木用に育成されてきて蓄積量も多く、強度が期待できるコナラの利用を検討し、防腐関連もしくは熱処理加工技術を有する企業・団体等との連携・協力を得てコナラ材の耐久性や寸法安定性向上を図る技術開発を行った。

3Dカメラ原木材積計測プログラム：近年、原木供給は従来の原木市場だけでなく、山林から大口需要者に直接供給する「直送」が徐々に進んでいる。しかし、直送では、山土場や中間土場での検尺という新たな業務が発生し、作業負担増や人員不足が課題となっている。そこで、検尺の現場作業による負担を最小限に抑えるために、コンパクト3Dカメラを用いた原木材積計測システムを開発した（写真6）<sup>10)</sup>。このシステムは、土場には積みされた原木を木口方向からコンパクト3Dカメラで撮影し、パソコン上のアプリケーションで処理することで自動的に原木の直径・材積の集計が行える。原木を認識する仕組や精度向上などに工夫を重ね、原木認識率94%、材積誤差1%と高性能のシステムに仕上げた。また、アプリケーションの操作性についても、使用者の意見を取り入れて改良した。なお、システム開発は、浜松市の株式会社アルモニコスに委託して行った。平成28年度からは、静岡県森林組合連合会等と共同で実証試験など普及に向けた取り組みを進めた。

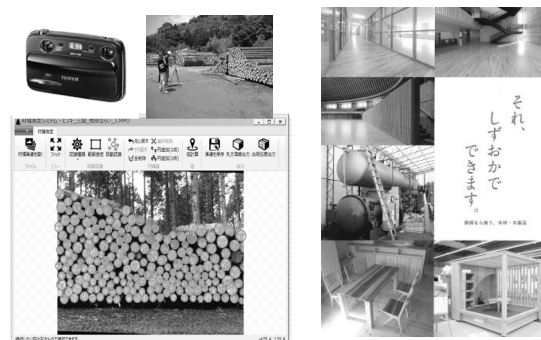


写真6. 3Dカメラ丸太材積計測システムと静岡県産材内装・家具・外構材製品ガイド

5 多様なニーズに対応する県産材供給体制構築に関する技術開発【静岡県新成長戦略研究】[2017～2019 年]連携先:名古屋大学農学部、浜松地 FSC・CLT 利活用推進協議会、中日本航空(株)天竜水平連携協議会、(株)奥平測量設計事務所、ヤマハ発動機(株)、(株)ドリームワークス

木材商社等のニーズ(品質・性能・価格・納期・量)に応じた県産材製品を、丸太生産から製材加工まで一体となって安定供給する体制を確立を目指した。具体的な課題として、①ICTによる丸太の需給情報の共有化と、②無人航空機を活用した森林資源情報等の把握技術の開発を実施した。

①ではネットワークシステムを構築する木材の生産、流通、加工に関わる関係者が参加し、情報の共有化が行えるプラットフォーム(垂直・水平連携ネットワーク)や、丸太の素材生産に要する費用の見積りが行えるコスト計算プログラム及び素材生産管理が行える日報アプリの開発も併せて行った。②では、ドローンを活用した森林資源情報(樹種、材積、立木形状、地形、傾斜、路網等)の取得を低コストで行う手法として、レーザー測量等による3次元モデル生成技術の開発、3次元モデルによる立木材積評価技術の開発、および森林域でのドローンの運行技術の開発を行った。

#### IV. その他の共同研究・受託試験

民間企業や団体、研究機関等との共同研究は、静岡県農林技術研究所の「内規」において、手続きや契約事項等が定められている。これまで森林研センターで実施した木材関係の主な共同研究 N による成果として、携帯型木材強度判定器、携帯型立木強度判定器、携帯型木材水分計、スギ3層パネル(Jパネル)、スギ木ダボパネル、スギと他樹種複合した構造用合板&単板積層材、各種接合金物等の開発が挙げられ、製品の実用化・現場利用に繋がっている事例も多くある。また、当初は、技術指導や受託試験の相談等から共同研究に進展して取り組んだ事例もある。受託試験は、静岡県手数料条例等で実施要綱が定められており<sup>1)</sup>、木材関連団体や企業団体等からの依頼により、JAS製材品や木質材料の材質・強度試験や含水率試験及び燃焼試験、木質構造物や木造住宅等の接合部

の耐力試験や耐力壁や床組の面内せん断試験などを主に実施してきた。

#### 5. おわりに

企業団体との共同研究や産学官連携した研究への参画には、常日頃、学会、研修会、講習会等にて、業界関係者や他機関の研究者との問題意識や研究ニーズ等の共有が図れる人的ネットワークづくりなど、研究者としての“営業活動”が今後もより一層必要になると思われる。特に、産学官連携の研究参画に向けて、研究者もしくは研究機関として特徴を有した特定分野での新規性を有した、差別化が図れる事前の研究の取り組み・実施が必要であろう。

#### 引用文献

- 1) <https://www.pref/shizuoka.jp/sangyou/sa-850>
- 2) (国研)森林総合研究所:大径材の使い方, 48pp  
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/4th-chuukiseika35.pdf> (2021)
- 3) 長瀬亘・他3名:第40回日本木材加工技術協会研究発表要旨集, 204, 14-15 (2022)
- 4) (国研)森林総合研究所:構造用終映材の低コスト化, 12pp, <https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/4th-chuukiseika39.pdf> (2021)
- 5) 藤澤義武・他3名:第68回日本木材学会研究発表要旨集, B14-01-1145 (2018)
- 6) 池田潔彦:木材工業, 70 (12) 607-610 (2017)
- 7) 静岡県森林・林業研究センター:木造住宅の梁桁部材への静岡県産スギ利用ガイド, 56pp (2015)
- 8) 岡野健監修:新世代 木材・木質材料と木造建築技術, (株)エヌ・ティー・エス, 107-116 (2017)
- 9) 静岡工業技術研究所:それ、しずおかでできます!-静岡なら揃う木材・木製品-, 46pp (2016)
- 10) 星川健史:山林, 1596, 44-50 (2017)