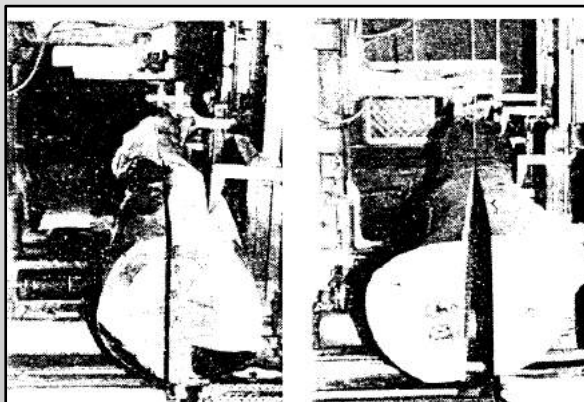


1 技術開発の目的と経緯：新規性・独創性

構造用製材への国産材普及促進には品質保証供給が必須

かつての国産構造用製材需要が外材・集成材に移行した原因の一つに、部材品質を曖昧にしたままの供給実態がある。国内の構造用製材実績800万立方尺の内、JAS品質保証材割合は僅かに5%。しかもその大半が米マツ等外材で国産JAS材は極々僅かではない。当方プロジェクトは、国産材普及促進には品質の明確な表示が必要と考え、取り組みに着手し、その経緯の中で組織が構築されていった。明確な根拠で品質を示すには、木材乾燥を始めとする製造法の見直しから始める必要があった。



丸太を半割りにすると、右上:無処理材には成長応力による反りが現れ、徐々に大きくなる。しかし、左上:熱処理すると内部応力が緩和されるために、反りは生じない。



杉大径丸太の熱処理風景

木材乾燥手法の開発

木材乾燥の目的は経年変化と劣化の抑制。木材の経年変化(反り曲がり)発生の要因となるのが成長応力等の木材内部応力の存在。この内部応力緩和には、確実な熱処理(湿潤な状態での材温80°C以上40時間)が必要であり、それが伴わない乾燥は、含水率のみを下げたところで、反り曲がりの抑制効果は期待薄。当方では熱処理の内部応力緩和を重視した乾燥法を開発を進めた。

熱処理が木材内部応力を緩和する事は木材物理の常識。ただし、これまで製材の材芯部まで(特に断面の大きな平角材)を確実に処理出来る装置が無かった。それが国産杉平角製材のJAS材が流通しなかった要因の一つと想像する。

当方では、一般的な木材人工乾燥法が熱媒体に使用するスチーム(水蒸気)を熱伝導率が高く(水蒸気の12倍)遠赤外線輻射熱効果を齎す燻煙ガスに変えた上、炉内環境を電子制御にてコントロールすることで、製材材芯部までを確実に熱処理できる事を確認した。

加えて、この燻煙ガス熱処理法が、製材よりも断面積の大きな丸太をも処理する事を確認した。これにより、従来の製材後に乾燥を施す手法から、予め、丸太の時点で熱処理して内部応力を緩和し、製材後に養生及び中温域にて仕上げ乾燥を施す複合乾燥法に変更した。この事により、反り曲がりや未乾燥を理由とする不合格材発生を抑制し飛躍的な製品歩留り率向上を果たした。

大径木の丸太状熱処理併用複合乾燥法と芯去り製材

その後、当方の熱処理装置が、更に大きな丸太の熱処理をも可能な事を突き止め、大径丸太(末口40cm超)の芯去り製材を実現した。この芯去り製材には高意匠性能確保等の効用が存在するが、以前は、内部成長応力の作用により左上写真のように製材時点で既に反り曲がり(曳き曲がり)が発生するため、一般的には採用されていなかった。確実な熱処理による応力緩和と芯去り製材が齎す大径丸太の有効活用は、後述の高林齢大径化問題を抱える産地に、有効な解決策として期待される。

需要薄で価格が低迷する大径丸太の活用と新製法による歩留り率向上及び、一気通貫流通システム構築等にて、杉平角JAS機械等級区分構造用製材の現実的価格供給を実現した。

2 丸太状熱処理における装置とその性能評価：新規性・独創性

SSD熱処理炉の概要解説と性能評価試験

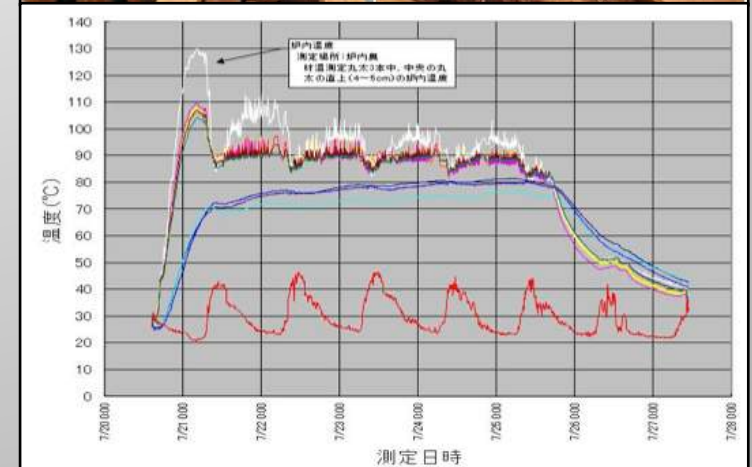
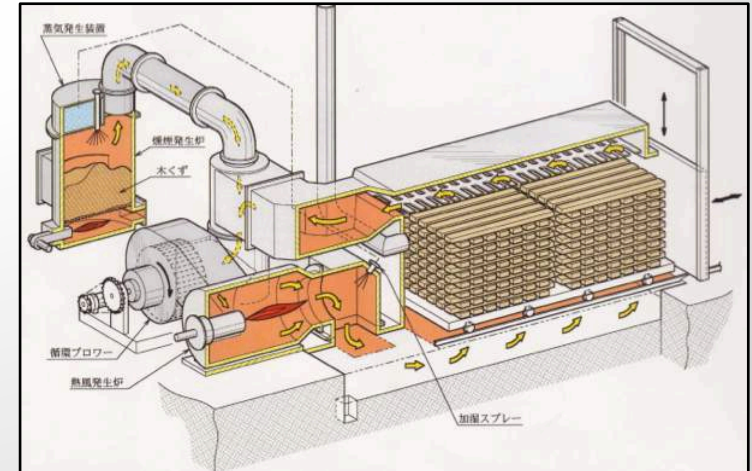
右写真上は当方熱処理装置の模式図。中は熊本県林業研究指導所に依頼して行われた性能評価試験の様子。下はその時のデータ。

装置の特徴

- ・ 炉内容量は約50立方尺、当初竹炭製造目的に試作された装置を改良。
- ・ 熱媒体に水蒸気の10倍以上の熱伝導率を持つ燻煙ガスを採用。
- ・ 燻煙ガスに含まれる煤（カーボン）の遠赤外線輻射熱効果。
- ・ 補助バーナーを設置して、温度等の炉内環境を電子制御。
- ・ 大型ファンによる炉内のガス還流・攪拌とプラス圧状態の維持。 等々

性能評価試験

- ・ 下グラフの上部白及び赤系ラインは炉内各所の温度、中央部青系ラインは丸太内部にセットされたセンサーからの材芯温度変化、下部赤ラインは外部壁面の外気温変化に伴う温度変化経緯を示している。
- ・ 材芯部温度変化を見れば、応力緩和に必要な80℃・40時間の確保が十分に可能である事が判る。
- ・ 現在はこのデータを基に、丸太熱処理用の運転スケジュールを改良し、処理材(丸太)投入の積載方法などを改善して運用している。
- ・ 下記はこの試験結果を確認いただいた識者からのコメントである。



温度経過図を拝見しました。

炉内温度は非常に良く制御されていて、今までに私が見た熱処理炉の例に照らし合わせると、信じられないくらいに優れています。炉内温度の上昇に追従して材内温度も上昇していますが、両者の温度差が10~15℃でこの値も小さく、加熱効率が非常に良い炉であることがわかります。

K's木材研究所所長 京都大学農学博士 元秋田県立大学教授 小林好紀氏

この性能評価試験にて大径丸太の熱処理効果を確認出来た事により、芯去り及びその効用を活かした付加価値製材を持って、大径丸太の徹底的有効活用を現実のものとする事が出来た。

3 丸太状熱処理併用中温域複合乾燥法を用いた製造法：新規性・独創性・展開性・環境配慮

丸太状熱処理を用いた芯去り製材の合理的製造法策定

丸太状熱処理を用いた芯去り製材品を製造するにあたり、品質確保の観点からより高効率な製造手法を検討し、右上表の製造工程を策定した。乾燥法としては熱処理と製材後の養生及び中温域仕上げ乾燥を併用する複合乾燥法を採用し乾燥精度向上に至った。

この仕上げ乾燥については一般的な蒸気式乾燥装置を使用するが、予めの熱処理により応力緩和された部材のため、100度以下の中温域かつ短時間での処理が可能となる。これにより高温乾燥に付き纏う細胞破壊の強度劣化を避けるとともに、色焼けを防ぎ、天然乾燥材並みの木材本来の美しい色艶を保持することが可能になった。

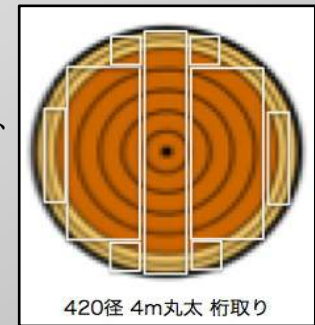
この熱処理併用の中温域複合乾燥法により、強度及び乾燥精度確保による製品歩留り率向上とともに高意匠性能を持つ付加価値製材品の製造が容易になった。その成果として右写真の美しいJAS機械等級区分製材の流通を成し遂げた。



新去り製材時に発生する端材の有効且つ付加価値活用



左は420丸太からの梁背240平角材採取の木取り法で中通りや辺材から板材や小割り材採取が可能。これら辺材・端材も既に熱処理済みのため、反り曲がり抑制の上、断面積が小さいため極短時間で乾燥する。従来から、元玉大径丸太辺材は無節等の付加価値材採取が可能な部位。当方では化粧用板材や造作材、中通りの両端を建具用柱目材として展開している。左写真はサーモ処理を施して外装材に採用した事例と、内装用建具の試作品。JAS規格の構造用製材と端材活用の展開を併せ大径丸太の徹底的有効活用が可能となる。



圧倒的低碳素製造法

人工乾燥製材製造において最もエネルギーを消費するのが木材乾燥工程で、製造工程全体のCO2排出量0.286t-Co2/m³のうち0.244t-Co2/m³と約85%をしめる(ウッドマイレージ協会)。当方において、丸太熱処理は燻煙ガス採取の木屑燃焼時発生熱エネルギーを基本熱源とした上、仕上げ乾燥時においても木屑炊きボイラーを採用している。燃料は全て場内発生端材を活用し、化石燃料使用時と比較して、カーボンニュートラルの観点から、製造時の炭素排出量は20%以下に抑制されている。これは同時にコスト削減にも寄与している。外材輸入と比較しても、輸送時のエネルギー消費(化石燃料)からして、圧倒的に優位なことは明らかである。

4 丸太状熱処理併用中温域複合乾燥法を用いた芯去り製材効用：新規性・意匠性・付加価値

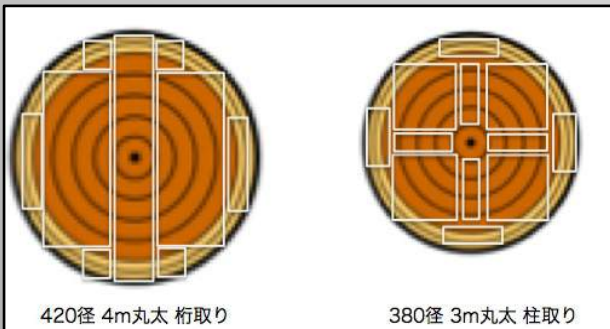
大径丸太芯去り製材の徹底的有効活用

丸太の状態での熱処理を施し、成長等の内部応力を予め緩和する事で、高効率な芯去り製材が可能になる。下の図にあるように複数以上の主要構造製材が採取される。その上、端材から取れる板材は大径材の特徴として無節の化粧用付加価値材になる。

ここで特筆すべき事はこれら板材が、既に熱処理されているため、反り曲がりや抑制されている上、断面が小さいが故に、短時間の積積みで自動的に乾燥材になる事である。一般的な製材後の乾燥措置と異なり、容易に高歩留率を確保できる。

当方ではこれら付加価値材を内外装用材や建具用材として妥当な価格で供給し、原木大径丸太の正当な価格を確保する。

この時に肝心な事は、主要構造材と付加価値化粧材の需要のバランスの確保・保持である。その意味からして、プロジェクト内に販売を担当する建材商社が存在する事に意義があると考えられる。



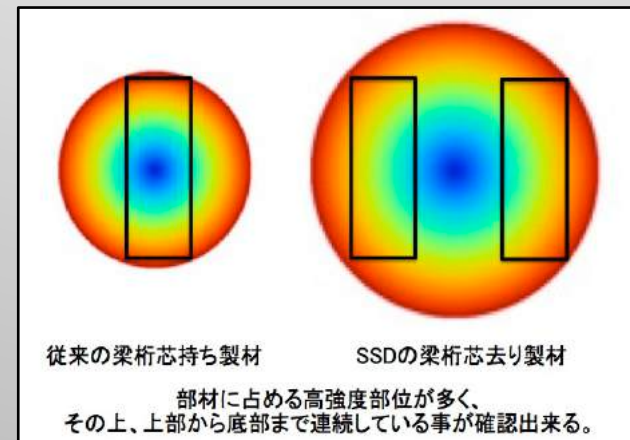
芯去り製材効用 1 平角材の高強度化

下図の青から赤へのグラデーションは丸太断面の強度分布を示し、赤の外周部が最も強く青の材芯が弱い。その対比は1:3になり、外周部は芯の3倍の強度が有る。

その図に同サイズ平角材の従来製材法の芯持ち製材と当方の芯去り製材の木取り法を示して比較する。

丸太の径の差は一目瞭然だが、製材品の内部に占める高強度部位の割合の差が理解できる。しかも芯持ちは高強度部位が破断されて上下端部に僅かに存在するのに対し、芯去り製材は上下に連続している。

上記の事から、平角材においては芯去り製材が強度的に優位になる。当方では日頃の強度計測(グレーディング)により、JAS区分において、概ねワンランク上昇する事が確認されている。



芯去り製材効用 2 高意匠性能

木材の乾燥に伴う収縮は避けられない。この時に連続する繊維(年輪)が破断して発生するのが干割れである(下図左上)。ただし、芯去り製材には破断すべき連続する年輪が存在しない。従って干割れ発生が抑制される(下図左中と下)。

また元玉大径丸太の外周部は節の無い部位である。それにより下右図のように干割れ・節の無い美しい材が生産できる。一般的にこのような材は、付加価値に応じた高価格材となるが、球磨杉Jビームの場合は、特段の生産コストが掛かるわけでもなく、従って、一般KD材と遜色ない価格で提供できる。



5 当該技術の地域貢献と社会的提案：新規性・意匠性・付加価値

木材産地 熊本県上球磨地域（球磨郡 湯前町・水上村）大径化問題

- ・ 日本三大急流球磨川の源流地である当地域の年間素材生産実績は13万m³。林業が人口6千人ほどの地域の基幹産業である。吉野林業が在する奈良県全県下実績15万m³と比較しても当地が林業隆盛地である事が判る。
- ・ 素材生産実績の大半が杉で、樹木の生長が早い事も有り、殆どの元玉径が40㍍をはるかに超える大径材。50㍍超も珍しくない。
- ・ この大径丸太が近年主流のツインソー自動製材ラインや合板製造ラインに投入出来ずに膨大に売れ残る現実が有る。
- ・ 当然相場価格は低迷し、平均価格から2割下げても売ればまだ良い方で、最終的にはチップ用材として処分される。
- ・ かつては平角材や無節等の付加価値材の採取が可能な稼ぎ頭の部位であったが、現在の不落や価格低迷は林家収入減少の要因。
- ・ 当プロジェクトは、新規開発製造法を駆使した大径丸太の徹底的有効活用で、原木大径丸太を平均価格程度で調達し、山元への還元を果たす。これにより、林業・木材産業貢献を通じて地域活性化への寄与を目論む。
- ・ 現在、この問題は南九州に限られているが、高林齢化に伴う大径木化は今後全国的に進行し、やがては全国的な林業課題になる。



熊本県球磨郡水上村:市房山の杉群

木材産地の地場産業及びその技術継承への貢献

- ・ 当方の芯去り製材は、基本的に、台車曳き製材を行う規模の小さな地場製材所が担う。
- ・ これら台車曳き製材には、木取りの職人技が存在し、付加価値製材にはその技が必要。
- ・ 製材工場の大型化・効率化により自動製材ラインに押されて台車曳き製材は減少。
- ・ 台車曳き製材の減少と共に木取りの職人技も存続、継承の危機に追いやられている。
- ・ 当方は地域の複数地場製材所に仕事を振り分ける事で、技の存続・継承を目論む。
- ・ 過疎化が深刻な当該地域において、当方の関係先では仕事の確保を因として新たな雇用が生まれている。当該事業の発展で地域活性化の拡大が図れるように努める所存である。

当該技術が果たす地域貢献と社会提案

当該技術開発成果のJAS等の品質保証供給に伴い、国産材への信頼確保が可能になると考える。その上、今後の林業課題となる大径材有効活用にて地域貢献がなされる。加えて、製材品の製造を地域の工場を活用したトータル林業を成立させた。また、産地地域と共同で技術開発した経験を持って、一気通貫の製造・流通体制構築と情報・意識の共有により、山元においてのユーザーニーズや、需要者の産地林業事情等の相互理解が進むものとする。

これらは、国産材の建築分野での普及促進に有意な取り組みであり、当該技術活用の実績確保が、国産材に関わる人達への意識の喚起となれることを切に望むものである。

この取り組みに叡智を傾けていただいた識者の方々、産地の現場で具現化に汗をかいていたいただいた林業・木材産業関係者、そして取り組みに理解をいただき各種支援をいただいた産地自治体等に感謝の意を持って、ウッドデザイン賞に応募するものである。