

様式 7- 3

平成 16 年度 交付金プロジェクト研究課題 終了評価結果

課題名：スギ材の革新的高速乾燥システムの開発

主査氏名（所属）：藤原勝敏（研究管理官）

担当部署：木材特性研究領域、加工技術研究領域、構造利用研究領域、木材改質研究領域

参画機関：九州大学農学部、京都大学生存圏研究所、愛媛大学農学部、高知大学農学部、大分県林業試

験場、熊本県林業研究指導所、住友林業筑波研究所、山本ビニター株式会社

研究期間：平成 12 ～ 16 年度

1. 目的

高品質なスギ乾燥材の安定供給と利用拡大を可能にするため、乾燥困難なスギを短時間で経済的に乾燥しうる革新的な高速乾燥技術を開発し、用途に応じたスギ材乾燥技術の体系化を図る。このため、一連の技術開発、すなわち材質的なバラツキの多いスギ材の用途を原木供給段階で選別する技術開発、圧力制御下における水分除去と木材物性に係わる最新の知見を活用した乾燥日数を従来の数分の一に短縮可能な革新的高速乾燥技術の開発を行い、建築用材としての性能確保と経済性を達成しうる乾燥技術を確立する。

2. 全期間における研究成果の概要

原木段階でのスギ材の選別技術については、原木内部の含水率分布を計測する新しい測定法を開発し、また密度の簡易評価方法を提示した。併せて原木丸太の段階で製材品の強度性能を予測する方法や製材における原木選別の効果を明らかにし、スギ利用における用途による原木選別の必要性を示した。湿熱処理等による割れや曲がりの抑制条件および方法を明らかにするとともに、大断面材の蒸煮・減圧前処理ならびに丸太材のマイクロ波乾燥の適正処理条件を明らかにし、既存技術の改良と効率化を促進した。温度及び圧力の制御を基本とする新しい高速乾燥技術の開発については、従来測定が困難であった高温高湿条件における水分移動性、動的ヤング係数、応力緩和や収縮応力などに関する新しい知見を得るとともに、温度と圧力の同時測定による高温下での新しい乾燥モニタリング技術を開発した。具体的な高速処理技術に関しては、加圧過熱蒸気を使って心持ち柱材を従来の1/4の乾燥日数で急速に乾燥する方法を開発し、さらに加圧過熱蒸気と減圧乾燥を組み合わせることによる品質向上と急速乾燥を同時に実現する方法を示した。乾燥材の品質確保のため、スギ品種や丸太による割れや曲がり発生の相違を明らかにし、また処理条件が強度性能・耐久性に与える影響を明らかにした。プレカット継手、柱梁、柱脚等の各種接合部、ならびに面材壁、筋交い壁、床組の構造体についても、部材の含水率や乾燥方法の違いが強度性能に与える影響を明らかにし、建築用途における乾燥材使用の効果を明確にした。処理条件別の乾燥コスト、環境負荷等を併せて、これらを総合的に勘案し、建築用材としての用途別適性乾燥処理方法を提示した。

3. 全年度の発表業績

- 1) 東原貴志・師岡淳郎・則元京：水蒸気処理木材の圧縮変形固定とその機構、木材学会誌、46、 291-297 (2000)
- 2) T. Higashihara・T. Morooka・ M. Norimoto: Permanent fixation of the transversely compressed wood by steaming and its mechanism、 Wood Research、 87、 28-29 (2000)
- 3) H. Abe・R. Funada・N. Kuroda・O. Furusawa・M. Shibagaki・T. Fujii: Confocal laser scanning microscopy of water uptake during the recovery of compressed and drying-set wood、 IAWA J.、 22、 63-72 (2001)
- 4) 東原貴志・師岡淳郎・則元京：熱処理木材の圧縮変形固定とその機構、木材学会誌、47 (3)、 205-211 (2001.5)
- 5) 松岡良昭、他5名：パラフィン液相乾燥におけるスギ構造材の乾燥特性、木材工業、56 (6)、 270-274 (2001.6)
- 6) T. Hisada: Present State of the Wood Drying in Japan and Problems to be solved、 Proc. 7th IUFRO Wood drying Conference、 14-17 (2001.7)

- 7) Y.Cai ・ K. Hayashi: Pressure and Temperature Distribution in Wood during Radio Frequency/Vacuum Drying、 Proc. 7th IUFRO Wood drying Conference 、 386-391 (2001.7)
- 8) M.Sugimori ・ Y. Teraoka ・ K. Hayashi: Clustering Sugi Timbers Based on the Ratio of Heartwood for Drying、 Proc. 7th IUFRO Wood drying Conference 、 422-425 (2001.7)
- 9) A. Ishikawa ・ N.Kuroda ・ A.Kagawa ・ H.Abe : Permeability of Sugi (*Cryptomeria Japonica* D. Don) Wood under High-Temperature Treatments、 Proceedings of 7th International IUFRO Wood Drying Conference、 412-415 (2001.7)
- 10) Y. Kubojima ・ others: Real-time measurement of vibrational properties and fine structural properties of wood at high temperature、 Wood Science and Technology、 35、 503-515 (2001)
- 11) W. Cheng、 T. Morooka and M. Norimoto: The stress occurring in wood under high temperature steam、 Proc. 7th IUFRO Wood drying Conference 、 256-261 (2001.7)
- 12) K.Yamamoto ・ W. Ohmura ・ I. Momohara: Influence of high Temperature Drying on wood Durability、 Proc. 7th IUFRO Wood drying Conference 、 318-321 (2001.7)
- 13) M. Harada ・ others: Effect of Moisture Content of Members on Mechanical Properties of Timber Joints、 Proc. 7th IUFRO Wood drying Conference 、 440-443 (2001.7)
- 14) 三井信宏 ・ 杉本健一 ・ 神谷文夫: 初期乾燥程度の異なるスギ製材で構成した耐力壁の強度性能、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-1、関東、293-294 (2001.9)
- 15) Y.Matsuoka ・ W. Ohmura ・ S.Fujiwara ・ Y.Kanagawa : Durability of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) wood treated in high temperature liquid paraffin (IRG/WP02-40221) (2002)
- 16) 齋藤周逸、他: 乾燥温度によるスギ柱材の乾燥特性、日本林学会関東支部論文集、53、231-232 (2002.3)
- 17) 松岡良昭、他4名: パラフィン高温液相乾燥におけるスギ構造材へのパラフィン浸透特性、木材学会誌、48(5)、356-362 (2002.10)
- 18) 石川敦子 ・ 黒田尚宏: 高温水蒸気処理したスギ材の吸湿特性、森林総合研究所研究報告、1(3)、179-180 (2002.11)
- 19) Y.Kubojima ・ Y.Suzuki ・ M.Tonosaki : Real-time measurement of vibrational properties of green wood at high temperatures. Wood and Fiber Science、 34、 643-650 (2002)
- 20) W. Cheng ・ T. Morooka ・ M. Norimoto: Shrinkage stress occurring in the drying process of wood using superheated steam、 Wood Research、 89、 25 (2002)
- 21) T. Higashihara ・ T. Morooka ・ M. Inoue ・ M. Norimoto: Permanent fixation of transversely compressed wood by steaming and its mechanism、 Proceedings of the 6th Pacific Rim Bio-based Composites Symposium、 Oregon、 USA、 567-573 (2002)
- 22) 三井信宏 ・ 杉本健一 ・ 神谷文夫: 初期乾燥程度の異なるスギ製材で構成した耐力壁の強度性能(その2. 半年経過後の比較)、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-1、北陸、213-214 (2002)
- 23) 林知行: 構造用木質建材の現状と課題、材料、53、3、331-338 (2003.3)
- 24) 鈴木養樹 ・ 黒田尚宏: 高含水率域における木材の誘電特性(第1報) 高周波数領域での誘電特性、木材学会誌、49(3)、161-170 (2003.5)
- 25) 鈴木養樹: 木材の材内含水率分布及びその分布を測定する方法並びにそれらの装置、特願2002-250113 (2002.8)
- 26) 小林功 ・ 黒田尚宏 ・ 久田卓興 ・ 高橋保市: スギ心持ち無背割り柱材乾燥の前処理としての過熱蒸気処理の効果、木材工業、58(6)、258-263 (2003.6)
- 27) 東原貴志 ・ 井上雅文 ・ 師岡淳郎 ・ 則元京: 水蒸気処理によるセルロース系繊維の変形固定とその機構、木材学会誌、49(4)、260-266 (2003.7)
- 28) Shuetsu Saito: A finish characteristic by drying temperature of SUGI boxed heart square timber、 Proc. 8th International IUFRO Wood drying Conference、 278-283 (2003.8)
- 29) I.Momohara ・ W. Ohmura ・ H.Katoh ・ Y.Kubojima : Effect of high-temperature treatment on wood durability against the brown-rot fungus, *Fomitopsis palustris* and the termite, *Cotrotermes formosanus*、 Proc. 8th International IUFRO Wood Drying Conference、 284-287 (2003.8)

- 30) Y. Kubojima・Y. Suzuki・M. Tonosaki・A. Ishikawa: Moisture content of green wood in high temperature water vapor、Holzforschung、57、634-638 (2003)
- 31) 久保島吉貴: 高温域での木材の振動特性のリアルタイム測定、APAST、13(4)、76-80 (2003. 7)
- 32) 黒田尚宏: スギの乾燥-概説、林業技術、No. 736:8-13 (2003. 7)
- 33) 狩野仁美・渋谷栄・林和男・飯島泰男・土居修一: スギ心材の抗蟻性におよぼす高温乾燥の影響、木材学会誌、50、91-98 (2004. 3)
- 34) 大村和香子・加藤英雄・小林功・桃原郁夫: スギ心材の熱処理条件とシロアリの摂食量との関係、木材工業59(4)、170-173(2004. 4)
- 35) 平川泰彦ら: スギ造林木の心材含水率の変動、木材工業、59(4)、159-165 (2004. 4)
- 36) 東原貴志・師岡淳郎・廣澤修一・則元京: 水蒸気処理および熱処理による木材の化学変化と圧縮変形固定の関係、50、159-167 (2004. 5)
- 37) 鈴木養樹: 丸太の水分を計る、APAST、14(3)、52-57 (2004. 5)
- 38) 黒田尚宏: スギ材乾燥の効率化のために、林木の育種、No. 212、13-14 (2004. 6)
- 39) W.Cheng・T. Morooka and M. Norimoto: Shrinkage stress of wood during drying under superheated steam above 100° C、Holzforschung、58(4)、423-427 (2004. 7)
- 40) 黒田尚宏: これからの新しい木材乾燥技術、木工機械、No. 199、5-8 (2004. 7)
- 41) 黒田尚宏: スギ材の革新的人工乾燥システムの開発、木材工業、59 (8)、341-346 (2004. 8)
- 42) Y. Kubojima・Y. Suzuki・M. Tonosaki: Real-time vibration testing method of wood in superheated water vapor. Bulletin of the Forestry and Forest Products Research Institute、3(4)、335-339 (2004. 11)
- 43) 黒田尚宏: 木材の乾燥に関する研究の現状と課題、木材学会誌、1、10-12 (2005. 1)
- 44) 林知行: 構造用木質建材のこれから、木材工業、60、2、97-100 (2005. 2)
- 45) Masaki Harada・Youko Hayashi・Tomoyuki Hayashi・Masahiko Karube・Toshimasa Ohgama: Effect of moisture content of members on mechanical properties of timber joints、J. of Wood Science (印刷中)
- 46) Y. Kubojima・Y. Suzuki・M. Tonosaki: Vibrational properties of green wood in high temperature water vapor、Holzforschung、(審査済)
- 47) Akira KAGAWA・Atsuko SUGIMOTO・Kana YAMASHITA・Hisashi ABE: Temporal photosynthetic carbon isotope signatures revealed in a tree ring through ¹³C₂ pulse-labeling. Plant、Cell & Environment (投稿中)
- 48) W.Cheng・T. Morooka・M. Norimoto: Factors reducing shrinkage stress of wood during drying under superheated steam above 100° C、Holzforschung (投稿中)
- 49) 藤本登留他: スギ丸太材のマイクロ波高速乾燥技術の開発、材料 (投稿中)
- 50) 小林功、黒田尚宏、石川 (本田) 敦子: 高温過熱蒸気によるスギ心持ち無背割り柱材の乾燥、木材工業 (投稿中)

4. 評価委員氏名 (所属)

岡野 健 (日本木材総合情報センター 木のなんでも相談室長、東京大学名誉教授)
 祖父江信夫 (静岡大学農学部 教授)
 笠木 和雄 (元名古屋木材株式会社 会長)

5. 評価結果の概要

本プロジェクトは、単に木材乾燥の技術問題のみならず、丸太を出発点とした木材加工技術や技術の基礎、需要の背景を幅広く取り込んでいる。その結果、乾燥の問題が多方面に多岐に関連していることが明らかとなり、応用的な課題である木材乾燥と基礎研究分野の接点および応用技術の要求水準と基礎研究分野の水準とのギャップを知る機会となった。それぞれの分野が刺激的に影響を及ぼしあって、直接的、間接的、さらに将来的な研究成果を生むことができ、単に目的を達しただけではなく、広い意味の大きな成果を得たと評価する。木材乾燥技術に注目すれば、高温処理と各種乾燥との幅広い複合バリエーションを

実用化したこと、あるいは実用化に近い技術まで高めたことは特筆すべきである。今後は実用化促進のみならず更なる研究・開発の大きな進展が期待される。また、地域や品種による原木の差異、製品の用途、事業規模等によって採用すべき最良の乾燥システムは異なるので、開発された手法毎のマニュアルを作る必要がある。なお、基礎的課題に関しては、高速乾燥への具体的な応用につながる水準には達しなかったものもあり、今後の展開が望まれる。

6. 評価において指摘された事項への対応

プロジェクト成果の普及に関して、研究成果を取り込んだマニュアル作成の必要性があるとの指摘があった。このため、内容や形式等について今後検討を進める予定である。また、基礎的な課題の今後の展開について要望があったが、これは継続中の実行課題（一般研究費）下において個別に研究を進める予定である。