

1. 竹材の高品質化処理技術に関する研究（Ⅱ）

中原 恵、小谷 公人、古曳 博也

1. 目的

世界中で環境保護や資源枯渇の問題が危惧されるなかで、竹資源への関心が高まっている。その竹資源、特に全国一のマダケ生産量を誇り、しかも竹細工を中心とした竹工技術、技能を有する本県にあって、この竹資源の有効利用をはかるために、新技術の開発が課題となっていた。

本研究は、竹資源の有効利用や需要開拓をはかることを主目的として、その障害となっていた竹材欠点の除去や高付加価値化のための加工技術の開発、あるいは加工工程の省力化について取り組む。

研究の内容は、次の3本の柱からなる。

- ① 乾燥工程の省力化、機械化をはかり、安定した竹材供給を行なうために、丸竹材の効率的な乾燥技術の開発を行なう。
- ② 丸竹材のもつ割れや虫害、カビなどの欠点を除去するために、効率的な難割化や防虫防カビ技術の開発研究を行なう。
- ③ これまで困難とされてきた竹材表皮塗装を可能にして製品の高付加価値化や作業の省力化をはかるために、表面処理技術の開発研究に取り組む。

なお、本研究は、中小企業庁による平成3年度技術開発研究費補助事業（単独研究）の成果をもとに、その開発技術の確立をはかる目的で、継続して取り組んだものである。

2. 研究内容

2.1 丸竹材の乾燥技術開発

丸竹材の乾燥法については、前年度の研究で竹材の組織構造を生かした「小口吸引法」を開発し、油抜き処理竹材を用いて、予備試験で丸竹小試片に対して効果が認められた減圧乾燥法や従来の乾燥法との比較、環境温度の効果について調べてきたが、本年度は小口吸引法の有用性を確認するとともに、その応用技術について検討を加えた。

(1) 研究方法

丸竹材に適した乾燥技術を確立する上で、開発した小口吸引法の実証試験は不可欠であり、本年度は油抜き処理を施さない青竹材について乾燥試験を行い、その乾燥効果について調べた。また、小口吸引法の応用性を調べるために技術の複合化を検討し、一方小口からの吸引と他方小口からの加圧を併用する方法や従来の天日乾燥と小口吸引を併用する方法について、試験を行った。

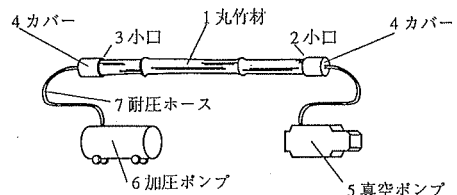


図1. 加圧併用小口吸引乾燥

さらに、これまでの試験の成果をもとに、製品や半製品の乾燥を前提として、半割青竹材（長さ20cm）の減圧乾燥試験を行った。

(2) 研究結果

青竹材の乾燥結果について図2に示すが、従来の方法に比して小口吸引法の乾燥効果が明確である。しかし、竹材長さ方向の含水率分布については、油抜き処理竹材の場合と異なり、丸竹材小口と中央部との含水率傾斜が大きいいため、乾燥割れが発生しやすい状況になっている。

また、図3では、加圧併用減圧乾燥法において加圧が乾燥を促進していることが明

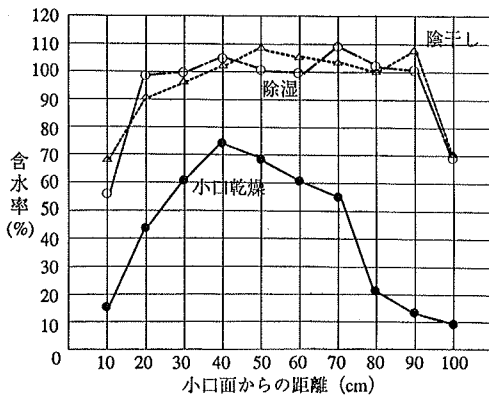
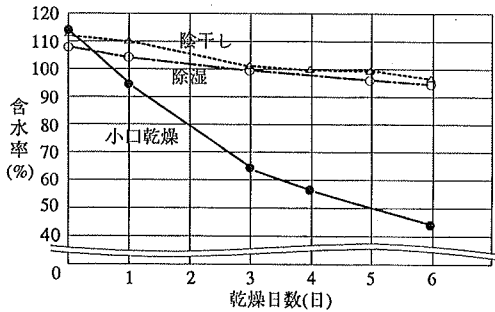


図2. 青竹材の乾燥

確になり、天日乾燥と小口吸引の併用乾燥試験でも小口吸引が従来の天日乾燥の促進法として効果が認められた。これは、环境温度の付加による乾燥促進と同等の効果であり、光熱費や設備などによる加工コストの点で、有効な方法であると考えられる。

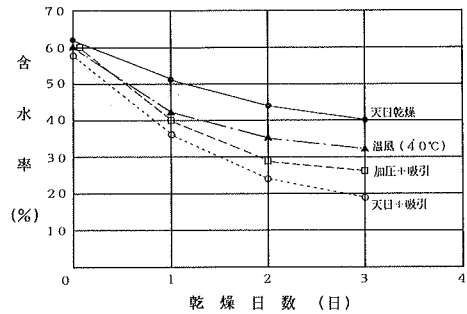


図3. 技術の複合による乾燥効果

半割青竹材の減圧乾燥試験は、自然乾燥に比してその効果は明白で、小口だけでなく割裂によって露出した材半径面からも水分蒸散が行われるため、丸竹材よりも乾燥速度が大きい（図4）。

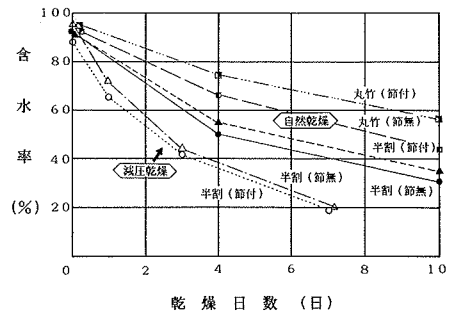


図4. 半割竹材の減圧乾燥試験

なお、「小口吸引法」については、これまでの研究成果をもとに、「乾燥」のみならず次項「樹脂含浸処理」への応用も含め

た竹材の新しい処理技術として特許出願を行った。

(3) まとめ

竹材の乾燥には、丸竹材にあっては小口吸引法、割竹材にあっては減圧法が有効であるということが明らかになった。また、技術の複合により、従来の乾燥法を生かすことも可能になった。

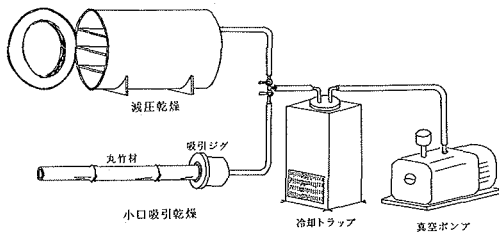


図5. 竹材の乾燥技術の体系図

今後は、さらに乾燥効果を高めるために、竹材乾燥のメカニズムの解明や実用化にむけた技術及び装置の改良研究に取り組む。

2.2 丸竹材の樹脂含浸技術の開発

丸竹材の樹脂含浸技術については、従来の浸漬法や減圧法に比べ、小口吸引法は、一方の小口面を吸引することにより竹材中の水分が強制的に除去され、他方の小口面からは注入液が吸い上げられるために、浸透性がよく、短時間での処理が可能となった。

本試験では、小口吸引法による含浸技術の効率化を図ることを目的に、次の3要因について、その注入特性を調べた。

- (a) 竹材（地上高と長さ方向による影響）
- (b) 処理条件（処理時間による影響）
- (c) 樹脂液（粘度による影響）

(1) 研究方法

供試材には、長さ1mのマダケ油抜き乾

燥材（丸竹）を、また、樹脂液には寸法安定効果をもつPEG（ポリエチレングリコール）を用い、各種試験を実施した。

(a) 竹材に関する試験

地上高の異なる試験材について含浸処理を行い、その注入特性を比較検討した。さらに、試験材の長さ（小口面からの距離）方向における浸透状況についても調べた。

(b) 処理条件に関する試験

樹脂液含浸処理時間と浸透性の関係について調べた。

(c) 樹脂液に関する試験

粘度の違う樹脂液について含浸処理を行い、その注入特性を比較検討した。

(2) 結果と考察

(a) 竹材に関する試験

図6は、地上高の違う試験材における浸透状況を示す。その結果、中間位（地上高3～5m）および末位（地上高6～8m）の試験材に比べ、元位（地上高0～2m）の試験材において注入率が低くなる結果となった。これは、元位の試験材は中間位や末位の試験材に比べて肉厚が厚く、吸引する面積が広くなるために

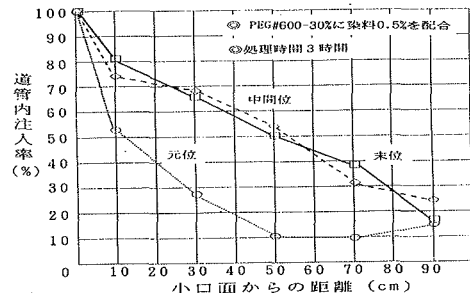


図6. 地上高における浸透状況

吸引力が弱められたことによるものと考えられる。小口吸引法によって含浸処理を行う場合には、吸引面積の狭い中間位や末位の竹材を使用することの方が望ましいと思われる。

図7は、試験材の長さ方向における樹脂液の浸透状況を示す。それによると、注入量は注入口（小口面）から離れるに従って、比例的に減少する値を示し、長さ1mの位置における注入量は、長さ20cmの位置の注入量のおよそ60%となることがわかった。この点については、長い試験材（竹材）において均一な樹脂注入がおこなわれるように、今後さらに検討する必要があると思われる。

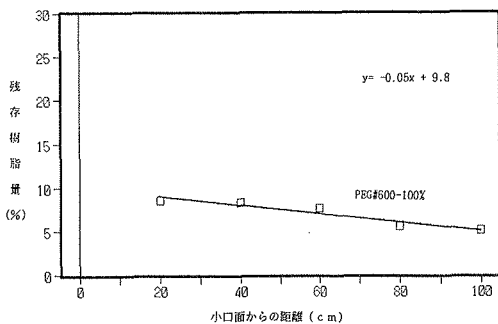


図7. 長さ方向における浸透状況

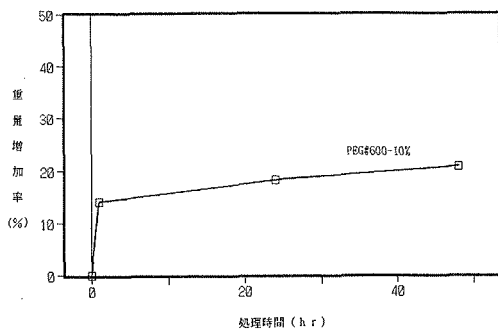


図8. 処理時間における浸透状況

(b) 処理条件に関する試験

処理時間の違いによる浸透状況を図8に示す。その結果、処理時間が長くなるに従って高い注入率を示すものの、24時間の注入時間ではほぼ平衡状態となることがわかった。樹脂液の浸透については維管束内の道管や篩管を通じて行なわれるが、その樹脂液が維管束内の柔組織へと浸透し、処理時間24時間でほぼ満たされた状態になったためであると思われる。

(c) 樹脂液に関する試験

図9は、樹脂液の粘度の違いによる浸透状況を示したものである。その結果、粘度の低い樹脂液において高い注入率を示すことがわかった。小口吸引法によって含浸処理を行う場合には、粘度の低い樹脂液を使用の方が望ましいと思われる。

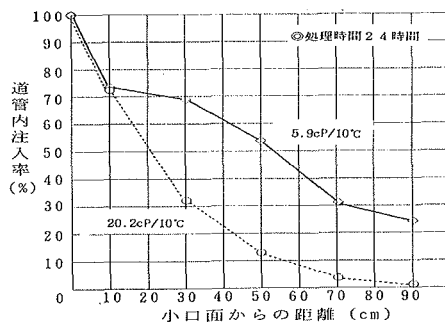


図9. 樹脂液の粘度による浸透状況

(3) まとめ

丸竹材における樹脂含浸技術の効率化を図る目的において、各種の試験を行った結果、以下のことが判明した。

- (a) 吸引面積の狭い（肉厚の薄い）竹材を使用した時に、高い注入効果が得られた。
- (b) 24時間の含浸処理で注入量が平衡となることから、注入処理時間については、

最大で24時間が適当であることがわかった。

(c) 粘度の低い液体を用いた時に、高い注入効果が得られた。

2.3 竹材の表面処理技術の開発

(1) 研究方法

(a) 供試材

竹材は、市販の油抜きマダケ及びモウソウチクを使用した。試片寸法は、長さ10cm、幅3.5cm、最大厚さ0.6-0.7cmとした。

試片表皮表面上の不純物の影響を比較するために、単に水洗い汚れを拭き取った試片と、メタノールを含ませた脱脂綿で試片表皮表面を拭き、続けてノルマルヘキサンで同様に溶剤脱脂した試片の二種を調製した。

(b) 紫外線照射処理

紫外線照射装置を使用し、空冷式高圧水銀灯でランプ出力、照射距離、照射時間を変えて、各供試材とも、表1に示す処理条件で供試材表面に紫外線を照射した。

(c) 機器分析

紫外線照射処理による表皮の化学組成やぬれ性等の表面状態の変化を調べるために、表1に示す処理記号A0~A6、B0~B6についてESCA、接触角測定装置、SEMで機器分析を行なった。

(d) 塗装及び塗膜付着性評価試験

無処理及び紫外線照射処理した供試材に市販のポリウレタン樹脂塗料を塗布し硬化させた。

付着性評価試験は、JISの碁盤目試験(K5400 6.15)を応用し、100個の升

表1. 供試材の処理条件

処理条件			処理記号		
ランプ出力 (W/cm)	照射距離 (cm)	処理時間 (分)	マダケ		モウソウ
			水洗洗浄	溶剤脱脂	水洗洗浄
無処理			A0	B0	—
80	15	5	A1	B1	—
80	15	10	A2	B2	—
80	15	15	A3	B3	—
80	15	20	A4	B4	—
80	15	25	A5	—	—
80	15	30	A6	—	—
80	30	5	A7	B7	C7
80	30	10	A8	B8	C8
80	30	15	A9	B9	C9
80	30	20	A10	B10	C10
52	20	5	A11	B11	C11
52	20	10	A12	B12	C12
52	20	15	A13	B13	C13

目をつくった後、セロハンテープ密着剥離を行ない、JISに準じて評価点数による判定を行なった。

(2) 研究結果

(a) 機器分析の結果

図10に処理記号A0~A6及びB0~B4の表皮表面のESCAの元素分析による炭素(C)に対する酸素(O)のスペクトル強度比(O/C)を示す。

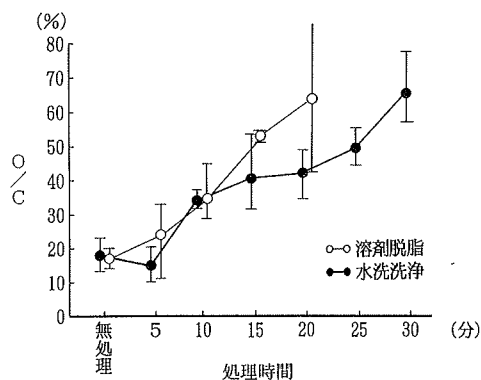


図10. 紫外線照射とO/Cの関係

紫外線照射時間が増加すれば、竹材表皮組成中の酸素比も明らかに増加し、表皮表面が酸化していた。

図11にC1Sスペクトルを示す。図2を見ると無処理では285eV付近のC-C, C-H結合に基づくピークが大部分をしめ高い疎水性の表面組成であるが、紫外線照射処理10分では289eV付近のO=C-O結合に基づくピークが現れた。

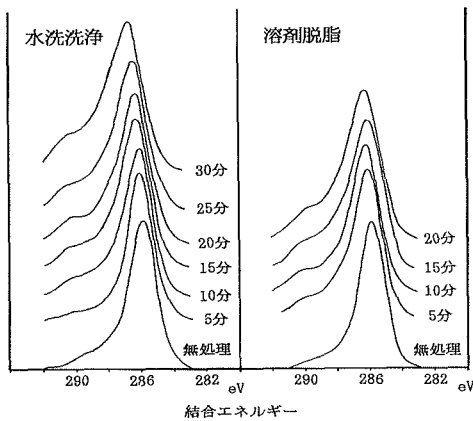


図11. 紫外線照射とC1Sスペクトル

図12に処理記号A0～A6及B0～B4の表皮の接触角を示す。紫外線照射処理15分以上では、明らかに接触角が減少し疎水性の表皮が改善され液体が濡れ広がる性質に改善されていた。

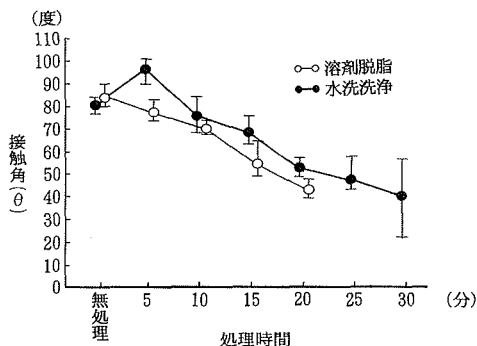


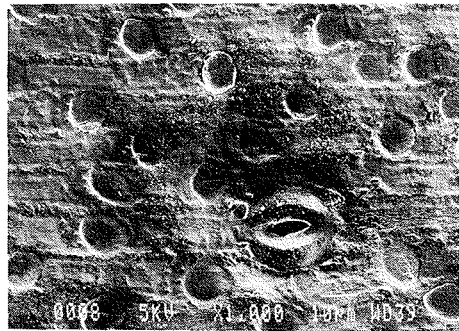
図12. 紫外線照射と接触角の関係

A0及びB2のSEM写真(1000倍)

を写真1に示す。無処理であるAの表皮は油脂分と思われる膜状の層に覆われていることが観察できる。紫外線照射処理10分のB2の表皮では表皮細胞がはっきりと観察でき、繊維組織中に無数に存在する丸い細胞組織の周辺部に10μm程度のクラックが生じていた。クラックだけでなく表皮細胞組織表面も照射時間とともに粗化されていることも観察できた。しかし、目視観察ではほとんど質感に変化なく竹材表皮の美観上の特質は失われていなかった。



A0



B2

写真1. A0とB2のSEM写真

(倍率 1000倍)

(b) 塗膜付着性評価試験結果

表2に基盤目剥離試験の評価結果を示す。無処理のA0, B0, C0は、容易

に塗膜が剥離し全く付着しなかった。紫外線照射処理時間の比較的短いA1, B1, A7, B7, C7, A11, B11, C11も付着性は改善されていなかった。これら以外の紫外線照射処理したものは、付着性が改善されていた。特に、紫外線照射処理の前処理とし溶剤脱脂を行なったものは、単に水洗洗浄したものより付着性が向上していた。また、竹材種に関係なく紫外線照射処理の効果が認められた。

表2. 各処理の付着性評価結果

マダケ				モウソウチク	
記号	評価結果	記号	評価結果	記号	評価結果
A0	0	B0	0	C0	0
A1	0	B1	2	—	—
A2	8	B2	10	—	—
A3	10	B3	10	—	—
A4	10	B4	10	—	—
A5	8	—	—	—	—
A6	8	—	—	—	—
A7	0	B7	0	C7	0
A8	6	B8	6	C8	6
A9	6	B9	10	C9	8
A10	10	B10	10	C10	10
A11	0	B11	0	C11	0
A12	8	B12	10	C12	6
A13	10	B13	10	C13	10

(3) まとめ

これまで竹材表皮の付着性を向上させるためには、サンドブラスト等の機械的な粗化が一般的であったが、本研究によって、竹材表皮の質感を損なわずに紫外線による光化学反応で竹材表皮を付着有利な表面に改質することが可能となった。機器分析で判明したことは、紫外線照射により付着阻

害膜となっていた竹材表皮上の油脂膜のようなものが除去され、表皮細胞上に投錨効果を生むと考えられるクラックを形成し、化学的にも紫外線酸化によって、表皮組成に付着に有利な官能基が生成し、塗料などの流動塗布物がぬれ広がりやすい性質に改質されていた。

今後は、さらに研究を進めこの処理を活かしながら様々な分野の製品化に応用可能な塗装加工竹材の提供を考えてゆきたい。

【参考文献】

2.2

- 1) 青木尊重他：日本産主要竹類の研究
- 2) 林業試験場編：木材工業ハンドブック
- 3) 島地謙他：木材の組織，森北出版
- 4) 林大九郎他：木材工業 Vol.24-9,1969
- 5) 中戸莞二：京都府大学術報告 農学,11

2.3

- 1) 佐藤弘三：塗膜の付着，理工出版社
- 2) 角田光雄：塗装技術 Vol27-11,1988
- 3) 川村二郎他：木材学会誌 Vol38-4,1992
- 4) 木口実：木材学会誌 Vol36-10,1990
- 5) 筏義人：高分子表面の基礎と応用(上)
，化学同人

【研究協力機関】

- ・九州大学農学部 木材工学研究室
- ・農林水産省 森林総合研究所

木材化工部 耐候処理研究室

本研究を行なうにあたり、上記機関の関係者にご指導、ご協力をいただいたことに深く謝意を表す。

3. 成果普及講習会の開催

竹産業の振興と竹材の需要拡大を目標として、平成3年度技術開発研究費補助事業とその継続研究の成果を広く業界に普及するために、成果普及講習会を開催した。

竹関係業者の関心が高く、開発した処理技術や処理竹材について多くの質疑応答が交わされた。

【日時】平成5年3月5日(金) 13:30～

【会場】地共済保養所「つるみ荘」二豊の間

【発表テーマ】

「竹材の高品質化処理技術に関する研究」

- (1) 丸竹材の乾燥技術開発
- (2) 丸竹材の樹脂含浸技術の開発
- (3) 竹材の表面処理技術の開発

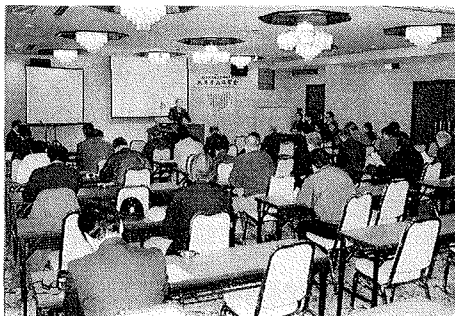


写真2. 成果普及講習会風景