

## 2. 竹材の高品質化処理技術に関する研究

中原 恵、小谷 公人、古曳 博也

### 1. 目的

竹は、3～5年で再生、利用することが可能であり、自然破壊や資源の枯渇が問題化してきている今日にあって、有用なバイオマス資源のひとつとして期待される。中でも、本県が全国一の生産量を誇るマダケ竹材は、表皮の美しさと緻密な繊維を生かして、「別府竹細工」に代表される多くの竹工芸品を生み出してきた。

しかし、竹材を工業的に活用するためには強度や材質保持、安定供給が不可欠であり、竹材のもつ「割れやすさ」や堅ろう質の表皮が欠点であったり、あるいは現状の製竹作業工程が課題になっている。

本研究では、竹材に効果的な人工乾燥技術や難割化処理技術を確立して割れの予防や作業の省力化に努めるとともに、表面処理技術の開発によって竹材の高品質化を試み、工業材料としての竹材の需要開拓を図ることを目的とする。

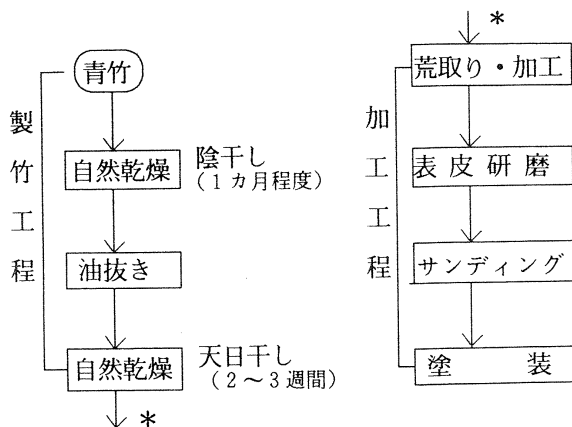


図1. 丸竹製品の加工工程図

### 2. 研究方法

研究は、乾燥試験、難割化試験、表面処理試験を3本の柱とした。

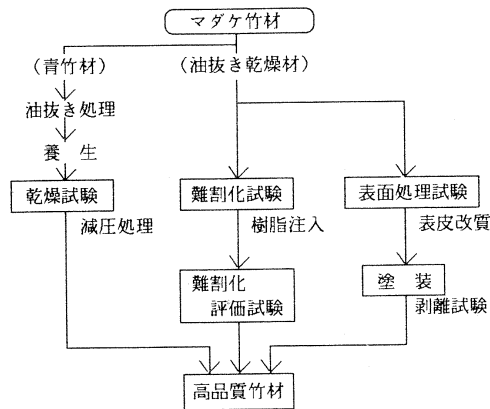


図2. 研究のフロー図

本研究に供試した竹材は、市内製竹業者から入手した竹齢3～5年生の県産マダケ材である。

#### 2.1 乾燥試験

供試材は、長さ1mの青竹材（丸竹）を湿式油抜き処理後2時間常温養生して用いた。

##### (1) 比較乾燥試験

小試験片を用いて、自然乾燥と温風乾燥、減圧乾燥の比較試験を行った。

##### (2) 減圧乾燥試験

減圧乾燥試験を行い、特に、従来の減圧雰囲気中での乾燥方法（缶内減圧）と竹材小口からストロー式に吸引する乾燥方法（小口吸引）を比較検討した。

##### (3) 乾燥温度に関する試験

減圧乾燥における雰囲気温度の影響について調べた。

## 2.2 難割化試験

難割化の手段として、寸法安定効果をもつポリエチレングリコール（PEG）を用い、竹材中に含浸、あるいは注入する方法の検討とその難割効果について調べた。

供試材には、長さ1mの油抜き乾燥竹材（丸竹）を用いた。

### (1) 染料による浸透試験

染色液を含浸、あるいは注入することにより、竹材中における液浸透状態を肉眼や顕微鏡で観察した。

### (2) 樹脂注入試験

減圧法による樹脂注入法について試験を行うとともに、注入効果を上げるための前処理についても検討した。

### (3) 難割化評価試験

樹脂注入竹材について、定温乾燥機中で温風乾燥による割れ試験を試みた。

## 2.3 表面処理試験

竹材の塗膜付着性を改善するための表面処理法について試験検討した。

供試材は、油抜き乾燥竹材を用い、長さ100mm×巾30mm×厚さ6～7mmの試験片とした。

### (1) 表皮改質試験

試験は、液相のクロム酸処理と漂白処理、水酸化ナトリウム処理、気相の塩酸処理とアンモニア処理、物理的な紫外線処理を行い、比較検討した。

処理材は、軟X線分光解析装置（ESCA）と走査電子顕微鏡、接触角測定装置により分析及び観察を行った。

### (2) 塗膜付着性評価試験

試験片にポリウレタン塗料をスプレー塗装して乾燥した後、JISの碁盤目剥離試験に準じて付着性を評価した。

## 3. 研究結果

### 3.1 乾燥試験

#### (1) 比較乾燥試験

自然乾燥と温風乾燥、減圧乾燥による丸竹小試験片の比較乾燥試験の結果、次のことが明らかになった。

- 自然乾燥は、長時間を要し、湿度や温度の影響を受けやすい。
- 温風乾燥は、短時間で乾燥できるが、熱や送風による急速な表皮乾燥により、割れる確立が高い。
- 減圧乾燥は、比較的短時間で乾燥でき、しかも割れにくい。

この結果をもとに、長尺丸竹材の乾燥試験に減圧法を採用した。

#### (2) 減圧乾燥試験

長さ1mの長尺丸竹材の減圧乾燥を行った（減圧度20～50Torr）が、小試験片の減圧乾燥試験のような良好な結果は得られなかった。そこで、竹材の組織構造の特性を生かして、道管や師管による水分移動に重点をおき、丸竹材の一方小口を吸引する方法（小口吸引）を試みた。

その結果、図3に示すように、小口吸引法では、竹材長さ方向の水分傾斜が大きく

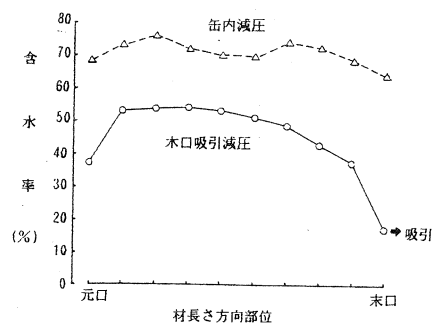


図3. 乾燥竹材中の水分傾斜

なるものの、水分除去の速度に顕著な効果が認められた。

また、小口割れの発生原因になっている材長さ方向の過度の水分傾斜を防ぐために、吸引しない他方小口（元口）をシリコンシーラント剤でコーティングして乾燥を行ったところ、割れの発生が急激に低下した。

### (3) 乾燥温度に関する試験

定温乾燥機内で加温しながら小口吸引を行って、乾燥における雰囲気温度の効果を調べた結果、図4に示すように、加温により乾燥速度が大きくなった。

また、図5から、50℃では、竹材中の水分が次第に元口側から吸引部の末口側に移動している様子かうかがえる。

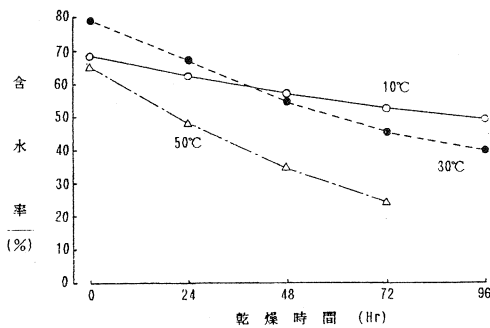


図4. 乾燥速度に係る温度効果

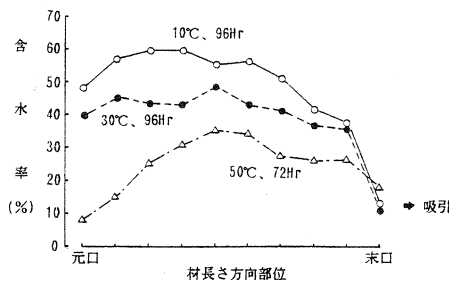


図5. 乾燥温度による材中水分傾斜

## 3.2 難割化処理試験

### (1) 染料による浸透試験

効果的な処理方法を把握するために、染料を用いて含浸法や減圧注入含浸法さらには小口吸引減圧注入法による注入試験を行い浸透性を検討した。

その結果、次のことが明らかになった。

- 含浸法では、ほとんど浸透が認められない。
- 減圧含浸注入法では、浸透が認められるが竹材の長さ方向への浸透に時間を要する。
- 小口吸引減圧注入法では、短時間で竹材の長さ方向への浸透が可能である。

この結果をもとに、以後の樹脂注入処理には小口吸引減圧注入法を採用した。

### (2) 樹脂注入試験

竹材中に樹脂を注入した場合に、樹脂の浸透を妨げると考えられる竹材中の水溶性成分や阻害物を竹材の外部に除去するために、樹脂注入処理の前処理として、小口吸引減圧処理や煮沸処理をほどこした。前処理が樹脂の浸透性の向上に寄与するかどうか、樹脂注入後の道管内の樹脂浸透状況から検討した。

その結果、図6に示すように、前処理をほどこさない未処理材に比べ、小口吸引減圧処理によって樹脂の浸透が容易となることが認められた。また、煮沸処理と小口吸引減圧処理を併用しておこなえば、さらに樹脂の浸透性が向上することが確かめられた。

さらに、樹脂の温度による浸透性の影響を調べるために、常温（12℃）と50℃に調整した樹脂を用い樹脂注入試験を行った。

その結果、図7に示すように、樹脂の温度による浸透性への影響については顕著な差が現れなかった。

### (3) 難割化評価試験

小口吸引減圧注入法によってPEG処理をほどこした試料と未処理材について、定温乾燥機30℃中で5日間乾燥後に気乾状態にするという、乾燥-吸湿条件下における難割化評価試験を行った。

その結果、未処理材に割れが発生したのに対し、PEG処理材にはほとんど割れが発生せず、難割化処理竹材としての効果が認められた。

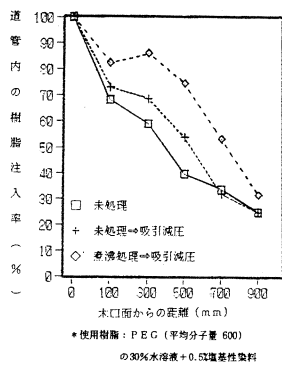


図6. 樹脂注入率におよぼす前処理の効果

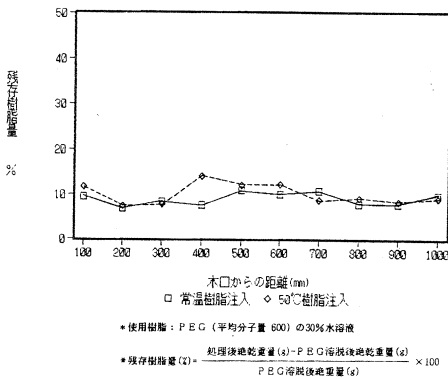


図7. 樹脂温度の浸透性におよぼす影響

### 3.3 表面改質試験

#### (1) 表皮改質試験

表1に、ESCAによって測定した竹材表皮元素のC<sub>1s</sub>に対するO<sub>1s</sub>のスペクトル強度比(O/C)及び接触角測定装置による接触角度(θ°)を示す。

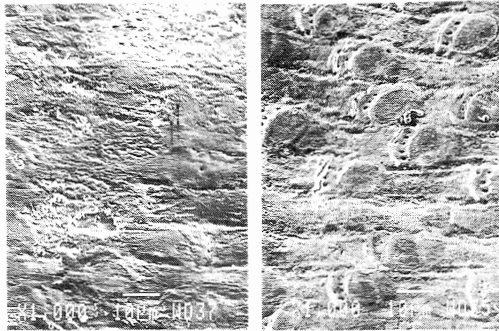
O/Cは、メタノールで拭き取り脱脂することによって無処理の2.5倍に増加していることから、竹材表皮表面は、疎水生の抽出成分で覆われているものと考えられる。また、液相や気相の化学処理では、メタノール脱脂に近い値を示し、表皮層に官能基を生成するまでには至っていないと考えられる。紫外線処理では、顕著に高い値を示し紫外線によって表皮が酸化され、官能基を生成したものと考えられる。

表皮のぬれ性を示す接触角も、紫外線処理でのみ改善されていると考えられ、竹材表皮の塗膜付着性には、紫外線処理が有効であると考えられる。

写真1に、無処理竹材表皮と紫外線処理後の竹材表皮の電子顕微鏡写真を示す。無処理では、表面に油脂膜状の抽出成分と考えられる膜状のものが観察されるが、紫外

表1 各種処理した竹材表皮の塗膜付着性

処理名	O/C(%)	θ°	剝離試験
無処理	12.6	81.0	0/100
メタノール脱脂	30.5	80.7	0/100
クロム酸処理	21.8	84.9	0/100
漂白処理	36.5	81.4	0/100
NaOH処理	32.5	74.9	0/100
塩酸処理	38.2	79.0	0/100
アンモニア処理	29.8	89.4	0/100
紫外線処理	70.8	61.5	98/100



無処理

紫外線処理

写真1. 竹材表皮の電子顕微鏡写真

線処理では、表皮組織がはっきりと観察でき、紫外線によって油脂膜が分解されたものと考えられる。また、紫外線処理後の表皮組織には、クラックが発生した形跡が確認できることからぬれ性の改善につながる物理的な変化が生じ塗膜の付着に有効な投錨効果も期待できる表面となっていると考えられる。

#### (2) 塗膜付着性の評価試験

表1に、付着性の評価試験として碁盤目試験の結果を示す。

無処理では、容易に塗膜が剥離し、同様にメタノール脱脂や液相、気相の化学処理も塗膜の付着性を改善するには、至らなかった。紫外線処理は、塗膜剥離がほとんど発生せず、塗膜付着性が改善されたことが確認できた。

これまでの試験結果から、紫外線処理によって、親水性の官能基を生成し、同時に表皮組織を物理的な投錨効果を生ずる表面に改質することができ、表皮のぬれ性を向上させ、塗膜の付着性を改善できることが明らかとなった。今後、この処理を実用的に応用できるようさらに試験を進める。

#### 4. まとめ

以上の研究成果をまとめると、次のようになる。

- (1) 丸竹材の乾燥法として、竹材組織構造の特性を生かした小口吸引法を開発し、その有用性を確認した。
- (2) 難割化のためのPEG注入技術として小口吸引法が効果的であり、難割化が可能になった。また、PEGの浸透効果を高めるための前処理として、竹材煮沸による抽出成分の除去に効果が認められた。
- (3) 竹材の塗膜付着性を改善するには、紫外線処理が有効であることが認められた。

なお、本研究は、平成3年度技術開発研究費補助事業によるものであり、平成4年度に成果普及講習会を開催する予定である。

最後に、研究にあたり御指導御協力をいただいた農林水産省森林総合研究所耐候処理研究室の川村二郎、大越 誠、木口 実の各氏に深く謝意を表す。