

竹材の生物劣化を抑制する加圧蒸気処理技術の開発（第3報）

古曳博也*・大内成司*・山本幸雄*・玉造公男**・阿部 優***・
二宮信治****・小谷公人*****・北嶋俊朗**・大村和香子*****
*日田産業工芸試験所・**地域資源担当・***竹工芸・訓練支援センター 研究指導課
****工業化学担当・*****企画管理担当・*****独立行政法人 森林総合研究所

Development of Pressurized Steaming Technology for Control of Bio-deterioration on Bamboo Materials (III)

Hiroya KOHIKI*・Jouji OUCHI*・Yukio YAMAMOTO*・Kimio TAMATUKURI**・Masaru ABE***・
Shinji NINOMIYA****・Kimito KOTANI*****・Toshiro KITAJIMA**・Wakako OMURA*****

*Hita Industrial Art Research Division (OIRI)
**Regional Resources Group (OIRI)
***Oita Bamboo Craft and Training Support Center
****Industrial Chemistry Group (OIRI)
*****Planning and Management Group (OIRI)
*****Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

要 旨

竹ボードの生物劣化抑制効果を高めるために、エレメント化(粉碎方法)を検討した。成分分析をした結果、湿式粉碎することによりでんぷん含有量が減少、遊離糖及び有機酸は除去される傾向を示した。

竹ボードについて、チビタケナガシンクイによる食害抵抗性試験、シロアリ(防蟻性能)試験及びかび抵抗性試験を実施した。その結果、チビタケナガシンクイ及びかびに対しては、加圧蒸気処理(0.7MPa)後に湿式粉碎したエレメントを用いた竹ボードで被害を抑制する傾向を示した。一方、イエシロアリに対しては、無処理のエレメントを用いた竹ボードで被害を抑制する傾向を示した。

1. はじめに

国内の竹材栽培面積は、林野面積の約0.2%にすぎないが、近年、竹林が里山周辺林へと侵入してしまう問題が全国的に生じている。「木材等の生産機能」や「生活環境の保全機能」を回復するためにも、竹材を有用な地域資源と捉えて、利用促進や需要拡大を図ることが重要である。当センターは、平成18年度より「地域の竹資源を活用した環境調節機能を持つ複合建築ボードの開発」プロジェクトに参画した。竹材を活用するうえで不可欠となる「生物劣化抑制」を目的とした加圧蒸気処理技術の開発に取り組んできた。

前々報¹⁾では、加圧蒸気処理した割竹状の竹材について、代表的な竹材乾材害虫であるチビタケナガシンクイ(*Dinoderus minutus* (Fabricius))の食害抑制効果を調べた。その結果、処理圧力(温度)が高く処理時間が長くなるほど抑制効果が高くなる傾向を示し、特に0.7MPa(165℃)で最も良好であることを報告した。

前報²⁾では、加圧蒸気処理した竹材を用いて竹積層ボード及び竹パーティクルボードを製作し、チビタケナガシンクイの食害抑制効果を把握した。また、加圧蒸気処理による成分変化も調べた。その結果、竹積層ボードは処理圧力(温度)が高く処理時間が長くなるほど、食害抑制効果が高くなる傾向を示し、竹パーティクルボードでは、無処理及び加圧蒸気処理ともに顕著な食害被害が認められなかったことを報告した。また、加圧蒸気処理による成分変化は、有機酸の生成及び遊離糖の脱水によるアルデヒド類の生成が認められたことを報告した。

本年度は、生物劣化抑制効果をさらに高めるために、エレメント化(粉碎方法)を検討するとともに、製作した竹パーティクルボード(以下、竹ボードという)について、チビタケナガシンクイによる食害抵抗性試験、シロアリ(防蟻性能)試験及びかび抵抗性試験を実施し、幅広く生物劣化抑制状況を調べた。生物劣化抑制と成分の関係や竹ボードの物性について検討した。

2. 実験方法

2.1 供試竹材

供試竹材は、3月伐採の大分県産モウソウチクの中からヨード呈色反応によりでんぷん含有量の比較的高いものを選択して用いた。試験片は、各供試竹材の同一部位から6枚を作製することとした。すなわち無処理(control)用として2枚と処理用として4枚を取り、割竹状(W 40×H 肉厚×L 1000mm)に加工した。

2.2 加圧蒸気処理

大分県竹工芸・訓練支援センター(別府市)に設置の加圧蒸気処理装置を用いた。処理圧力は 0.7Mpa(到達雰囲気温度 165℃), 処理時間は 0、30、60 分とした。処理途中約 10 分置きにドレイン排気を行った。加圧蒸気処理時のスケジュールを Fig. 1 に示す。

加圧蒸気処理後は、室内にて1か月以上養生乾燥させた。

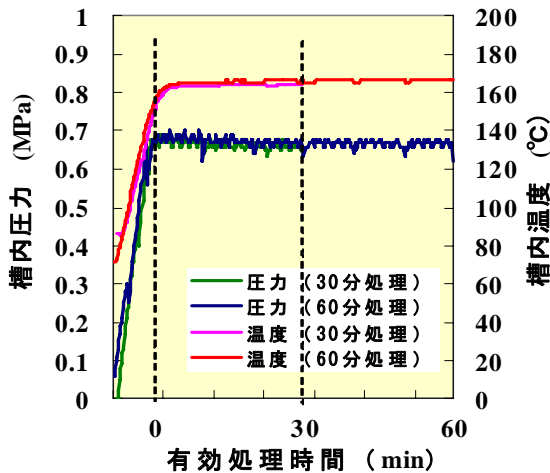


Fig.1 加圧蒸気処理のスケジュール (0.7MPa)

2.3 エレメント化(粉碎方法)

試験片を長さ方向に約50mmに切断した後、目開き10mmスリットのカッティングミルにて一次粉碎した(乾式粉碎: Fig. 2)。さらに一次粉碎したエレメントに十分な水分を加え60分以上なじませた後、クリアランス2mmのディスクレファイナーにて流水しながら



Fig.2 カッティングミル

ら二次粉碎した(湿式粉碎: Fig. 3)。その後60℃の熱風乾燥器で3日間乾燥した。なお、加圧蒸気処理60分のエレメントは団子状になりやすかったため、さらに目開き10mmスリットのカッティングミルにて粉碎した。



Fig.3 ディスクレファイナー

2.4 エレメントの成分分析

でんぷん、遊離糖、有機酸及びPHについて実施した。各エレメント全量をミルミキサーで粉碎し、よく混合したものを試料とした。でんぷんの分析は、試料約1gを精秤し80%(V/V)エタノールで遊離糖を抽出した後、F-キットスターチ(ロシュ製)を使用して測定した。そして測定後、質量と含水率の補正を行った。遊離糖及び有機酸の分析は、試料約1gを精秤し、H₂Oを10ml加え30分間抽出後、サンプル900 μlに20%スルホサリチル酸100 μlを加え、高速液体クロマトグラフィーで測定した。そして測定後、質量と含水率の補正を行った。PHの分析は、試料約1gを精秤し、H₂Oを10ml加え30分間抽出後、測定した。

2.5 竹ボードの作製

得られたエレメントは、接着剤(水溶性フェノール樹脂接着剤・樹脂率43%)と混合し、各条件につき2枚ずつ製板した(設計厚さ12mm, 設計密度:0.6g/cm³または0.8g/cm³)。原料全乾重量に対して20%の水分を添加し、接

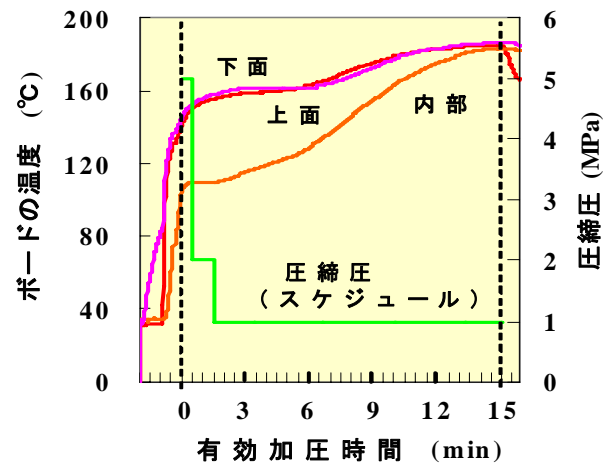


Fig.4 竹ボード製作スケジュール

着剤(RC=10%)を原料に吹き付けた後、手作業でフォーミングし、ストップバーを用いて熱圧製板した。作製スケジュールをFig. 4に示す(圧縮温度:180℃, 初期圧縮力5MPa, 圧縮時間15min)。

2.6 竹ボードの物性試験(硬さ)

JIS Z 2101木材の試験方法の硬さ試験を参考にした。寸法がW 20×L 20mmの試験体の表面または側面に直径10mmの鋼球を圧入速度毎分約0.5mmで圧入させ、硬さを求めた。

2.7 生物劣化抑制評価試験

2.7.1 チビタケナガシクイによる試験

既報²⁾で実施した「個別強制試験」方法に準じた。飼育びんに各試験体を単独に入れ、その中にチビタケナガシクイを20頭投入後、恒温恒湿器内(28℃75%RH)にて飼育した。

28日間(4週間)を成虫食害期間とした。この期間が経過した時点で食害穿孔数(個)及び試験片重量(g)を測定し、平均食害穿孔数(個)及び平均重量減少率(%)で評価した。

28日間経過した後は、6カ月間を内部食害期間とし、第二世代の発生状況を調べた。1カ月ごとに第二世代成虫数(頭)及び試験片重量(g)を測定し、第二世代成虫総数(頭)及び平均重量減少率(%)で評価した。

2.7.2 イエシロアリによる試験

JIS K 1571木材保存剤の性能試験方法及び性能基準に記載の防蟻性能試験に準じて実施した。試験体寸法はW 20×L 20mmで、規格では実施することになっている耐候操作(25℃水中で8時間かくはん後、60度の循環式乾燥機中で16時間乾燥。この操作を10回繰り返す)は行わず気乾状態とした。飼育容器1個に職蟻150頭と兵蟻15頭を投入し、温度28℃の暗所で21日間飼育した。食害評価項目は質量減少率(%)とした。

2.7.3 かび抵抗性試験

JIS Z 2911かび抵抗性試験方法に準じて実施した。試験体寸法はW 30×L 30mmで、5種のかびを混合した孢子懸濁液を試験体表面に噴霧器で吹き付け、水で湿したろ紙を敷いたシャーレに入れ、蓋をして28℃の恒温器内で4週間培養した。評価項目は、菌糸の発育状況の3段階評価及び発育面積比率(%)とした。

3. 結果及び考察

3.1 エレメントの成分

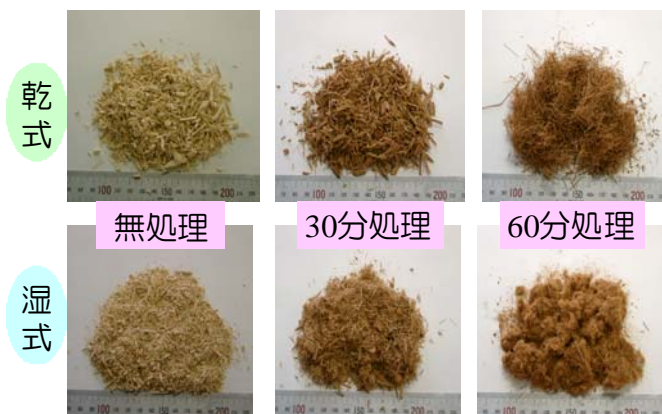


Fig.5 エレメントの形態

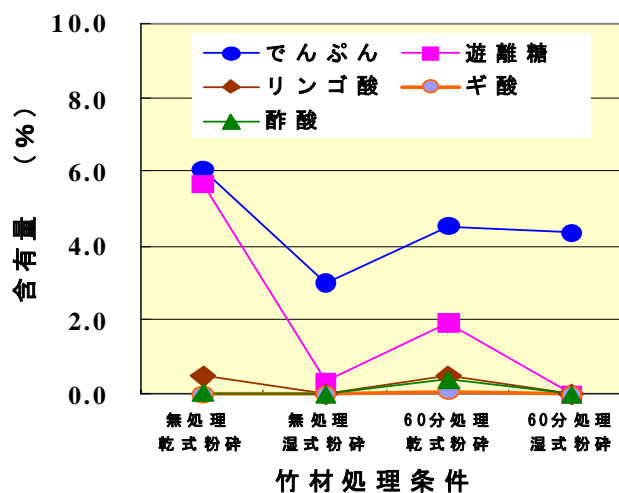


Fig.6 各種処理竹材の成分含有状況

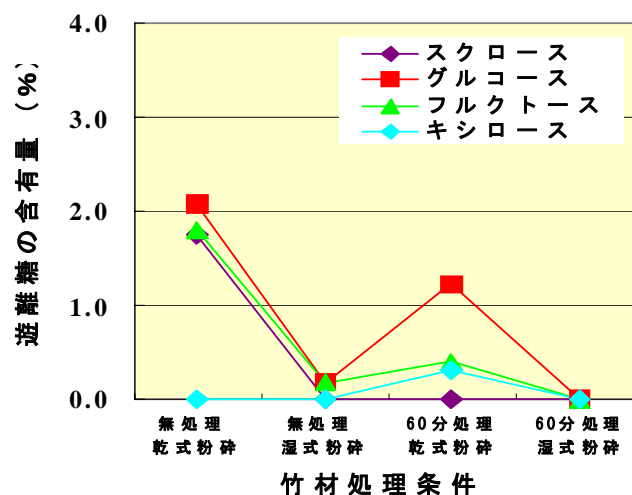


Fig.7 各種処理竹材の遊離糖の含有状況

エレメントの形態をFig. 5に示す。無処理のものは粒状であるが、60分処理のものは繊維状になった。湿式粉碎すると乾式粉碎よりも全体的に細かな形状になった。

エレメントの成分については、Fig. 6に各種処理竹材

の成分含有状況を、Fig. 7に各種処理竹材の遊離糖の含有状況を示す。でんぷんは、湿式粉碎することにより加熱蒸気処理をしなくても乾式粉碎の約1/2~2/3程度まで減少が望める結果を示した。加圧蒸気処理では、それほど除去できなかった。遊離糖は、加圧蒸気処理によって無処理材の半値に、さらに湿式粉碎することにより除去される傾向を示した。加圧蒸気処理によってグルコース、スクロース及びフラクトースの含有量が低下し、ヘミセルロースの加水分解に由来すると思われるキシロースが生成された。さらに、湿式粉碎することにより全てが除去された。有機酸分析では、無処理ではリンゴ酸が主体であったが (PHは5.5) ,加圧蒸気処理によって酢酸、ギ酸等の成分量の増加が確認された (PHは3.9) .湿式粉碎することにより、加熱蒸気処理の有無に係わらずリンゴ酸、ギ酸、酢酸のいずれも除去された (加熱蒸気処理無しの場合PHは5.8, 有りの場合PHは4.6) .

3.2 竹ボードの生物劣化抑制

3.2.1 チビタケナガシクイの場合

竹ボードの形態をFig. 8に示す。ボードの表情は、無処理の原料のものは粒と粒が密着した形状を、60分処理の原料のものは、繊維が押しつぶされて面と面で密着した形状となった。

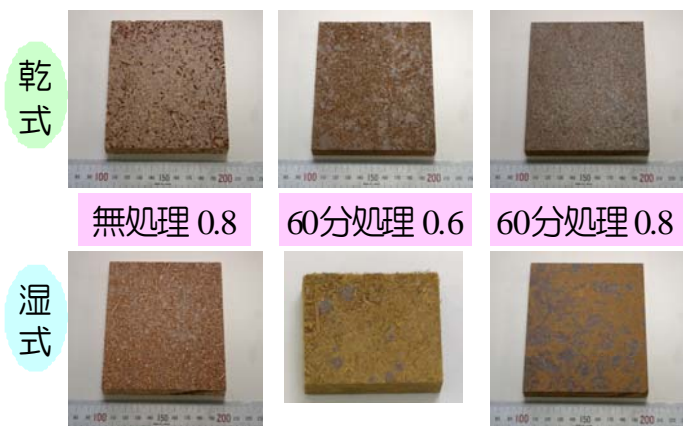


Fig.8 竹ボードの形態

Table.1 竹ボードの物性(硬さ)の結果

竹材処理条件		常態					
処理条件	粉砕方法	ボード 目標 密度	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	硬さ (平面) (側面) (平均) (N/mm ²)(N/mm ²)(N/mm ²)		
無処理	乾式	0.6	0.62	5.9	8.98	9.65	9.32
	乾式	0.8	0.83	5.8	32.85	24.78	28.82
	湿式	0.6	0.65	6.6	19.13	16.22	17.68
	湿式	0.8	0.87	5.9	31.96	20.98	26.47
30分処理	湿式	0.8	0.87	5.6	33.56	19.16	26.36
	乾式	0.6	0.66	4.9	16.57	5.12	10.85
60分処理	乾式	0.8	0.89	5.1	34.03	26.72	30.38
	湿式	0.6	0.67	4.8	14.18	4.08	9.13
	湿式	0.8	0.88	5.2	32.22	19.79	26.01
比較 PB			0.74	8.7	20.85	9.56	15.21
比較 MDF			0.78	7.4	13.59	5.62	9.61
比較 OSB			0.62	8.4	7.13	13.44	10.29

Table. 1に竹ボードの物性(硬さ)の結果を示す。設定密度0.6g/cm³の竹ボードに比べ設定密度を0.8g/cm³とした竹ボードにおいて高い値を示した。

チビタケナガシクイによる食害抵抗性試験の結果をTable. 2に示す。4週後の成虫食害の状況については、重量減少率はどの条件の竹ボードも0.0~1.9(%)と同様な値を示し明確な優位性は見出せなかった。しかし、穿孔痕数は無処理のエレメントを使用したものは多く、加圧蒸気処理したエレメントは減少する傾向を示した。粉砕方法による違いについては、乾式粉砕したエレメントに比べ湿式粉砕の方が、穿孔痕数が少なくなる傾向を示した。また、竹ボードの密度の違いについては、設定密度0.6g/cm³の竹ボードに比べ0.8g/cm³の竹ボードの方が、穿孔痕数が少なくなる傾向を示した。

穿孔痕が存在するのに係わらず重量減少率が比較的低かったのは、かじった程度の穿孔痕が多く、その穿孔深さも比較的低かったためであると思われる。成虫が穿孔途中で他の部位に移動したか、あるいは完全に食害を諦めてしまったものと考えられる。加熱蒸気処理材を湿式粉

Table.2 チビタケナガシクイによる食害抵抗性試験の結果

竹材処理条件	ボード 処理条件 粉砕 方法	密度 (g/cm ³)	竹パーティクルボード			
			成虫食害試験 (4週後)		内部食害試験 (20週後)	
			穿孔痕数 (個)	重量減少率 (wt%)	発生成虫数 (頭)	重量減少率 (wt%)
無処理	乾式	0.62	48 - 97 - 127	1.3 - 1.9 - 2.6	0	(0.8) - (0.3) - 0.2
	乾式	0.83	10 - 24 - 35	0.0 - 0.7 - 1.3	0	(1.3) - (0.8) - (0.2)
	湿式	0.65	17 - 43 - 60	0.5 - 0.9 - 1.3	0	(0.3) - (0.2) - (0.1)
	湿式	0.87	9 - 11 - 13	0.3 - 0.6 - 1.0	0	(0.6) - (0.3) - 0.1
30分処理	湿式	0.87	2 - 9 - 13	0.1 - 0.1 - 0.1	0	(0.9) - (0.5) - (0.2)
60分処理	乾式	0.66	11 - 18 - 29	0.7 - 1.4 - 2.1	0	(1.1) - (0.6) - 0.0
	乾式	0.89	11 - 14 - 17	(0.1) - 0.0 - 0.0	0	(0.8) - (0.7) - (0.6)
	湿式	0.67	3 - 8 - 12	0.2 - 0.5 - 0.8	0	(0.3) - (0.2) - (0.1)
	湿式	0.88	0 - 3 - 5	0.2 - 0.4 - 0.6	0	(0.5) - (0.3) - (0.1)

砕したエレメントを用いて作製した竹ボードの多くは顕著な生物劣化抑制傾向を示したが、遊離糖の除去が影響しているのではないかと考えられる。また設定密度0.8g/cm³の竹ボードが生物劣化抑制傾向を示したのは、ボードの硬さに影響しているのではないかと考えられる。

第二世代の発生状況を調査する内部食害期間では、どの条件の竹ボードも幼虫食害に起因する重量減少はほとんど無く、また第二世代成虫の発生も確認できなかった。成虫による穿孔が確認されても、幼虫による内部食害の進行がなく、第二世代成虫が発生しなければ、チビタケナガシンクイによる生物劣化はある程度抑制できるものと判断できた。

3.2.2 イエシロアリの場合

Fig. 9にイエシロアリの食害試験の結果を示す。3週後の質量減少率は、比較対象のスギ辺材に比べ各種竹ボードは約1/2～1/4程度抑制される値を示した。竹ボードの密度の違いについては、設定密度が0.6g/cm³の竹ボードに比べ0.8g/cm³の竹ボードの方が低くなる傾向を示した。エレメントの加熱蒸気処理の有無については、無処理の方が低くなる傾向を示し、また粉砕方法については、乾式粉砕の方が低くなる傾向を示した。今回実験に供した竹ボードでは、60分処理後湿式粉砕し、設定密度0.6g/cm³の条件で作製した竹ボードにおいて最も被害の高い値を示した。

シロアリは一般的に硬い材より軟らかい材を好んで加害する習性³⁾がある。よって密度の高い竹ボードより低い竹ボードを好む傾向がみられた。エレメントの違い

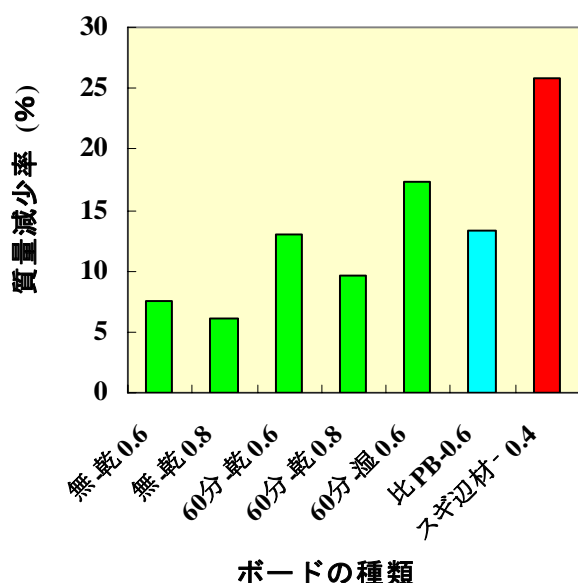


Fig.9 シロアリ食害状況(3週後)

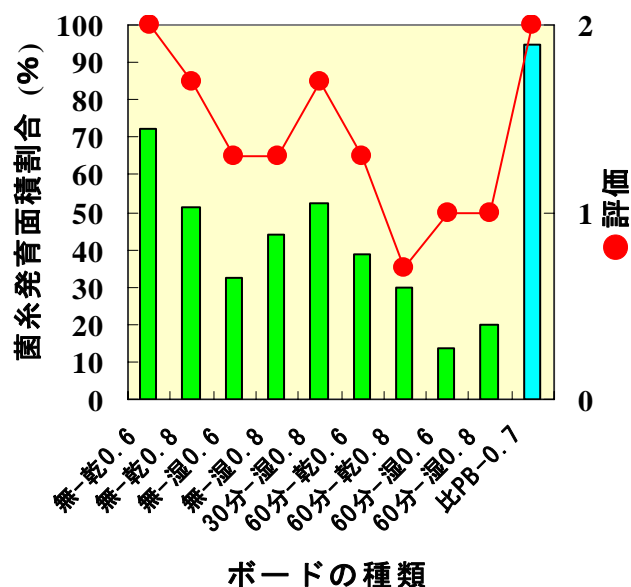


Fig.10 かび抵抗性試験の結果(4週後)

については、無処理材で乾式粉砕したもので被害が抑制される傾向を示したが、一つ一つのエレメントの形状が粒状であるために食害を拒む要因になっているものと考えられる。一方、加圧蒸気処理材で湿式粉砕したものは、一つ一つのエレメントが微細な繊維形状をしているためにかえって食害しやすくなっているものと考えられる。

3.2.3 かびの場合

Fig. 10にかび抵抗性試験の結果を示す。4週後の菌糸発育面積割合(%)は、比較対象の市販パーティクルボードに比べ約1/7～2/3程度抑制される値を示した。無処理のエレメントに比べ加圧蒸気処理したエレメントは低下する傾向を示した。また、粉砕方法による違いについては、乾式粉砕したエレメントに比べ湿式粉砕の方が低くなる傾向を示した。以上の結果から、加圧蒸気処理材を湿式粉砕したエレメントは、かびの発育を抑制することが認められた。遊離糖の除去が影響しているのではないかと考えられる。

4. まとめ

生物劣化抑制効果を高めるために、エレメント化(粉砕方法)を検討するとともに、製作した竹ボードについて、チビタケナガシンクイによる食害抵抗性試験、シロアリ(防蟻性能)試験及びかび抵抗性試験を実施した。その結果、次のような知見を得た。

- (1) エレメントに含有するでんぷんは、湿式粉砕することにより加熱蒸気処理をしなくても乾式粉砕の約1/2～2/3程度まで減少される傾向を示した。

- (2) エレメントに含有する遊離糖は、加圧蒸気処理と湿式粉碎を併用することにより除去される傾向を示した。
- (3) エレメントに含有する有機酸は、湿式粉碎することにより加熱蒸気処理の有無に係わらずリンゴ酸、ギ酸、酢酸のいずれも除去される傾向を示した。
- (4) チビタケナガシンクイに対して、加圧蒸気処理（0.7MPaの条件で30分以上）と湿式粉碎を併用したエレメントを用いた竹ボードは、食害による穿孔痕数が少なくなる傾向を示した。また竹ボードの密度を高めた場合も同様な傾向を示した。
- (5) イエシロアリに対して、無処理のエレメントを用いた竹ボードは、食害による質量減少率が小さくなる傾向を示した。また竹ボードの密度を高めた場合も同様な傾向を示した。
- (6) かびに対して、加圧蒸気処理（0.7MPaの条件で60分）と湿式粉碎を併用したエレメントを用いた竹ボードは、菌糸の発育を抑制する傾向を示した。

チビタケナガシンクイ、イエシロアリ、かびに対する生物劣化抑制は、いずれも100%防ぐことはできなかった。しかし被害を最小限に食い止めるための条件は導き出せた。

追 記

本研究は、「平成20年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」により行ったものである。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、正確な作業で補助していただいた木野秀美氏、吉見千里氏、上野洋子氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) 小谷公人，古曳博也，中原 恵，阿部 優，大内成司，玉造公男，西村 健，鈴木憲太郎：大分県産業科学技術センター 平成18年度 研究報告，(2007)
- 2) 小谷公人，古曳博也，山本幸雄，阿部 優，大内成司，玉造公男，西村 健：大分県産業科学技術センター 平成19年度 研究報告，(2008)
- 3) 日本家屋害虫学会：家屋害虫事典，125-127(2007)