

生物劣化を抑制する加圧蒸気処理技術の開発（第1報）

－ 各加圧蒸気処理条件の成虫食害抑制効果について －

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****

*日田産業工芸試験所・**竹工芸・訓練支援センター 研究指導課・***地域資源担当

****独立行政法人 森林総合研究所

Development of Bamboo Preserving method by Steaming (I)

Kimito KOTANI*・Hiroya KOHIKI**・Megumi NAKAHARA***・Masaru ABE**・Jouji OUCHI**

Kimio TAMATUKURI****・Ken NISHIMURA****・Kentaro SUZUKI****

*Hita Industrial-Arts Research Division

**Oita Bamboo Craft and Training Support Center

***Regional Resource R&D Section

****Forestry and Forest Products Research Institute

要旨

割竹状の竹材において、各種加圧蒸気処理条件によるチビタケナガシクイの食害抑制効果及びデンプン量の影響を検討した。その結果、処理圧力(温度)と成虫食害の関係では、常圧(100℃)の蒸気処理では、食害抑制効果は認められなかった。加圧蒸気処理では、処理圧力(温度)が高く処理時間が長くなるほど、成虫食害の抑制効果が高い傾向を示し、0.7MPa(165℃)60分で食害による重量減少抑制率が約70%であった。デンプン含有量は、加圧蒸気処理を行っても無処理と同程度であり処理圧力(温度)、時間による含有量の変化も認められなかった。

1. はじめに

近年、竹材・竹炭・竹製品の輸入増加や竹材代替資材の普及により国内の竹材の需要低下、竹材伐採技能者の高齢化・後継者不足による竹材生産量の減少等が進んでいる。未利用のまま放置された竹林の増加や、里山周辺林への侵入等の問題が全国的に生じており、竹林資源蓄積量442万tに対する利用率は低下し、全国平均でわずか4%程度と試算¹⁾できる。

大分県と鹿児島県は主要な竹資源供給県であり、両県で全国の約50%近くの竹材を生産しており、竹産業を中山間地域の経済を支える主要な産業と位置づけている。これまで両県では、既存竹産産を背景とした竹の接合部材²⁾や竹製車椅子³⁾、展開竹建材⁴⁾・竹炭ボード⁵⁾などの研究開発を行ってきたが、大きな経済的効果は得られておらず、「おおいた産業活力創造戦略」や「かごしま竹の里づくり事業」などの施策において、竹資源の有効利用の推進を図っている。

また、京都府では「緑の公共事業アクションプラン」によって放置竹林拡大防止事業を行っている。同志社大学では、水・熱・圧力による竹材の物性変化に関する基礎的研究を精力的に行っている。しかし、工業的応用技術に関する知見は得られていないため、京都府では「産

学公連携の促進による新産業の創成プラン」により、府省を超えた研究開発の拠点作りを施策として掲げている。

このため、同志社大学の有する水・熱・圧力による竹材の物性変化に関する基礎的研究成果^{6,7)}を、竹材の弱点克服と性能向上の両者に寄与する水熱処理と加圧処理手法として取り上げ、建材製品分野において総合的な技術蓄積⁸⁾を有する森林総合研究所と大分県や鹿児島県の各研究機関が蓄積した竹製品開発に関する技術シーズとを融合し、環境負荷の低い製造技術により木造住宅の床・壁材等として使用可能な竹複合建築ボードを開発し、VOC吸着性能等の環境調節機能による健康安全性向上のための実用化技術を確立することを目標として、農林水産省の提案公募型研究委託事業である「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」に森林総合研究所が中核機関となって提案した。その結果、提案した「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」⁹⁾が平成18年4月19日に採択されたことを受けて、その研究課題として本研究に取り組むものである。

その中で、竹材のカビや虫害の生物劣化を防カビ防虫等の薬剤を使用せず抑制する技術として、当センターは、加圧蒸気処理が生物劣化の主要因である竹材中の糖・デンプン等の成分を溶脱・変化し、生物劣化抑制効果^{10,11,12)}

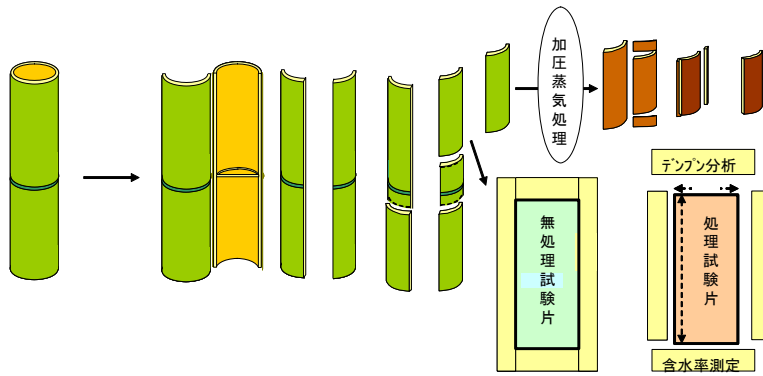


Fig.1 供試竹材からの無処理(control)と処理試験片の取り方



Fig.2 加圧蒸気処理装置

を持つことを明らかにしてきた経緯から、今後、加圧蒸気処理条件を詳細に把握することで、生物劣化を抑制した建材化の研究分担課題を実施することが可能であると考えた。さらに、その生物劣化と加圧蒸気処理の関係を把握することは、県内関連企業の技術課題でもあることから、この機会に加圧蒸気処理について、新たに圧力・温度及び処理時間等をパラメータとして、糖・デンプン等の成分分析、乾材害虫の食害試験等の解析を行い、最終的には、その成分変化を把握し生物劣化抑制効果が高く、ボード用エレメントに適用可能な加圧蒸気処理条件と生物劣化を抑制した材料性能を確立する目的で研究を実施することとした。

今回、まずは割竹状のソリッド竹材における各種加圧蒸気処理条件の食害抑制効果を把握するために、食害抵抗性試験方法で成虫食害抵抗性を評価し、これらの処理によるデンプン含有量の変化についても検討したので報告する。

2. 実験

2.1 供試材及び試験片

供試竹材は、いくつかの供試用竹材の中から2.1.3の成虫食害試験により、成虫の食害穿孔数の多かったものを選択し、3月伐採の大分県産モウソウチクと5月伐採の大分県産マダケ (*Phyllostachys bambusoides*) を用いた。

試験片は、割竹状 (W 55×H 5-13×L 120mm) に試験片を作製した。1処理条件あたり供試数は各1個とした。

無処理試験片は、接線方向(W) 40mmを残すように両端を切り取った後、両端木口部をとともに繊維方向(L)に約3mm削った後、さらに両端部約7mm分を各々切り取って、その一部を含水率測定およびデンプン分析用とした。

よって、食害試験用の無処理試験片の寸法は、W 40×H 8-12×L 100mmとした。(Fig.1)

2.2 加圧蒸気処理及び比較処理

竹芸芸・訓練支援センター 研究指導課に設置の加圧蒸気処理装置(Fig.2)を用いて、加圧蒸気処理を実施した。

Fig.3に示すとおり、加圧蒸気処理装置の昇圧時間と昇温度時間にタイムラグが生じる。本実験では、処理開始時間は圧力到達時とした。処理時間を30、60分の2条件とし、処理圧力(温度)を0.3MPa(130℃)、0.5MPa(150℃)、0.7MPa(165℃)として、処理条件を比較する目的で常圧蒸煮(100℃)及び0.5MPaの水熱(液相)の2条件を加え、計5条件で処理を行なった。処理途中のドレン排気は行なわなかった。

各処理条件で処理された試験片は、無処理試験片と同様に両端部を切り取って作製し、8日間風乾後、無処理試験片とともに7日間 25℃、70%RHの恒温恒湿器内で食害試験雰囲気と同一環境下で調湿した。

2.3 成虫食害試験(個別選択試験と個別強制試験)

成虫食害試験に使用する虫は、竹材の乾材害虫として代表的なチビタケナガシクイ (*Dinoderus minutus* Fabricius : 以下シクイと記す) である。シクイは人工飼料(ソバ粉を水練りし半紙に包んだものを気乾状態

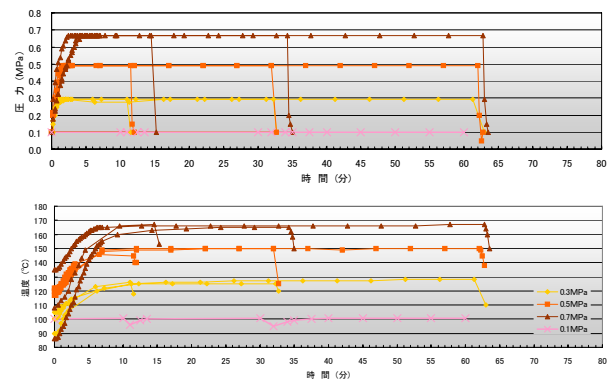


Fig.3 処理装置の昇圧(上)及び昇温(下)スケジュール

にしたもの)の中へ穿孔して産卵し幼虫から成長し脱出発生したばかりの成虫を供試虫として用いる。

成虫食害試験は、モウソウチクの無処理(control)及び処理試験片を一对として供試虫にどちらかの穿孔食害を選択させる「個別選択試験」と、マダケの各試験片を単独として供試虫が穿孔食害する対象が強制されている「個別強制試験」の2法を行なった。(Fig. 4)

この供試虫数を1試験片あたり20頭として投入後、恒温恒湿器内に25°C70%RHで設置し28日間(4週間)を食害期間とした。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)及び無処理試験片の重量減少率(WL_c)と処理試験片の重量減少率(WL_t)を次式によって、食害による重量減少抑制率(RCWL:%)とした。

$$RCWL(\%) = \frac{WL_c - WL_t}{WL_c} \times 100$$

2.4 デンプン含有量の測定

デンプン分析用とした試験片の一部を小片化し、その約1gをカッターミル式粉砕機(回転数25000rpm)で粉末状にした。これを250ml遠心管に取り80%エタノール50mlを加え、沸騰浴中で20分間還流冷却した。冷却後、遠心分離(2000rpm×10分間)して上澄み液を取り除き遊離糖分を除去した。沸騰浴上でエタノールを蒸発させて乾燥した残渣の沈殿物に過塩素酸(60%5+蒸留水3)4mlを加えてガラス乳鉢で15分間すり潰してデンプンを抽出し蒸留水約35mlを加えて遠心分離して上澄み液を別の遠心管に回収した。この操作を3回繰り返し回収した上澄み液を



Fig. 4 個別選択試験(左)と個別強制試験(右)

合わせて蒸留水を加え約125mlとした後、沸騰浴中で2時間加熱しデンプンを加水分解した。冷却後、中和し定容200mlとしたものを遊離したグルコースを含む測定溶液とした。

測定は、この測定溶液をグルコースC-IIテスト(和光純薬工業(株)製)により呈色させ比色計にて吸光度を測定し、グルコース量を求め、これに0.9を乗じてデンプン含有量(w%)とした。デンプン含有量に換算した場合の検出限界は、0.1w%であった。

3. 結果及び考察

3.1 各種処理条件の食害抑制効果

処理圧力(温度)を常圧(100°C), 0.3MPa(130°C), 0.5MPa(150°C), 0.7MPa(165°C)及び0.5MPaの水熱(液相)の5条件として、処理時間30, 60分の各加圧蒸気処理の成虫食害試験2法による供試虫投入28日後の食害穿孔数

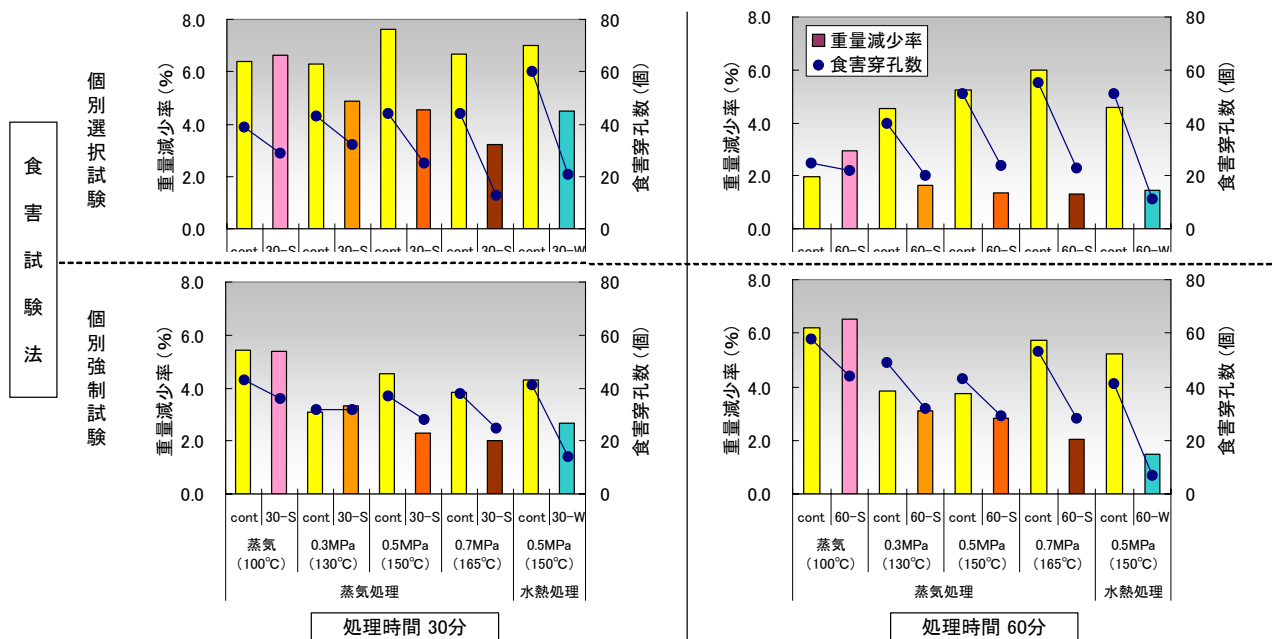


Fig. 5 各種加圧処理条件の成虫食害試験2法による重量減少率と食害穿孔数

(個)及び各供試材の重量減少率(%)を食害評価項目として測定した。その結果Fig. 5に示す。

常圧(100℃)の蒸気処理では、処理時間や食害試験法に関係なく、成虫の食害穿孔数及び重量減少率とも無処理材と同等であり、食害抑制効果は認められなかった。

加圧蒸気処理では、処理圧力(温度)が高く処理時間が長くなるほど、無処理に比べ食害穿孔数及び重量減少率とも明らかに減少し、成虫食害の抑制効果が高くなる傾向を示した。

これはつまり、加圧蒸気処理は成虫食害を防止することはできないが、食害穿孔の抑制は可能であると考えられ、重量減少率に異差はあるが、二宮が150℃の加圧蒸気処理30分で無処理の1/3程度の食害とした既報¹¹⁾の結果を裏付けるものであった。

この各処理条件における食害抑制効果を重量減少抑制率(RC/NL: %)としてTable. 1に表す。平均では、0.3MPa(130℃)60分以上の処理条件で重量減少を40%以上抑制していた。

0.7MPa(165℃)では、30分で約50%、60分で約70%の

Table. 1 各種処理条件の重量減少抑制率(RC/NL: %)

処理条件		食害による重量減少抑制率(RC/NL)			
		個別選択 モウソウチク	個別強制 マダケ	平均 (%)	標準偏差 SD
30	0.1 100-S	-3.88	0.72	-1.58	3.3
	0.3 130-S	22.13	-6.35	7.89	20.1
	0.5 150-S	40.26	49.18	44.72	6.3
	0.7 165-S	51.61	47.86	49.73	2.7
	0.5 150-W	35.63	37.73	36.68	1.5
60	0.1 100-S	-50.21	-5.47	-27.84	31.6
	0.3 130-S	63.67	18.68	41.17	31.8
	0.5 150-S	74.45	24.94	49.70	35.0
	0.7 165-S	77.81	64.71	71.26	9.3
	0.5 150-W	35.63	71.71	53.67	25.5

重量減少抑制率を示し食害抑制効果が認められた。0.5MPaの水熱(液相)処理の食害抑制についても、既報を裏付ける結果であり、さらに水熱(液相)処理の検討を深めることとしたい。

Fig. 6に処理時間60分の個別強制試験の食害結果を示す。乾材害虫など生物を用いた実験では、結果がばらつく可能性は否定できないため、本来なら繰り返し数が3以上必要であるが、今回の個別選択試験(モウソウチク)と個

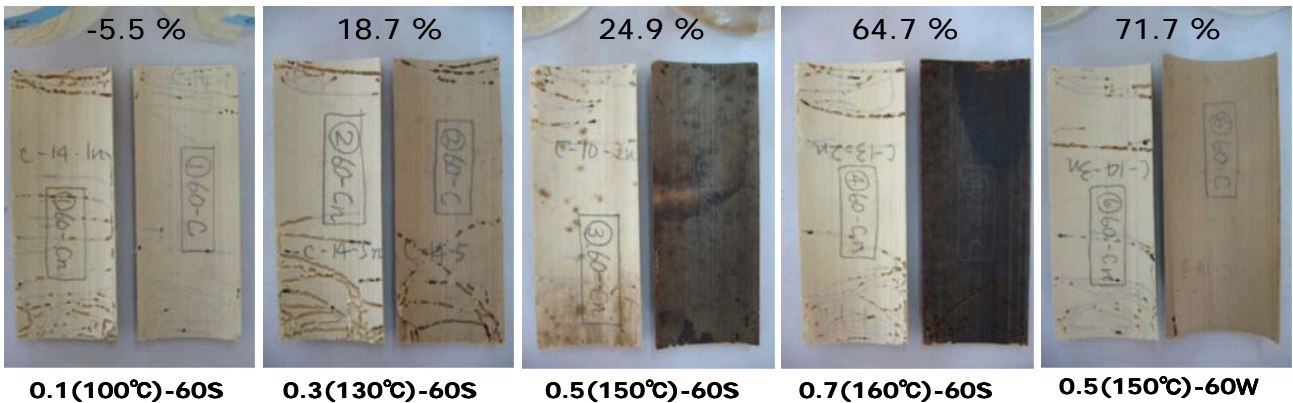


Fig. 6 加圧蒸気処理試験片の食害穿孔の抑制効果

各写真とも、個別強制試験(マダケ)における処理時間60分

左: 無処理(control), 右: 処理

写真上の数字: 重量減少抑制率(RC/NL: %) 写真下の記号: 処理条件

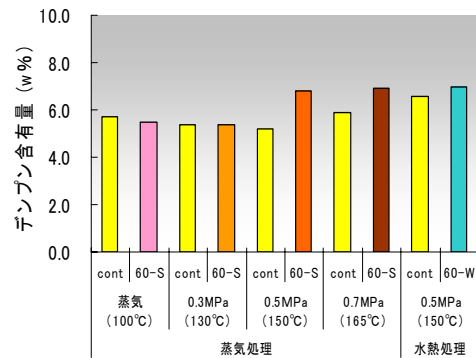
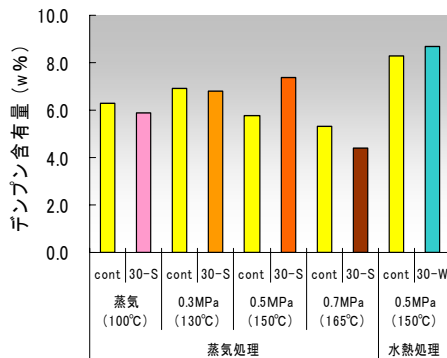


Fig. 7 各種加圧処理条件のデンプン含有量

別強制試験(マダケ)の2法の結果を平均し、標準偏差(SD)を考慮すれば、処理圧力0.3MPa(130℃)における食害抑制効果があるとは考え難い。この結果からは、今後、成虫食害を抑制するには0.5MPa(150℃)30分以上で処理する必要があると考えられる。

なお、この成虫食害試験後は継続して幼虫食害試験を行なっている。これらの結果については、次報で報告したい。

また、加圧蒸気処理の実用化上は、短時間の処理時間であることが望まれることと、処理圧力(温度)が高く処理時間が長くなれば材料強度の低下も起こることなども考慮しなければならない。例えば、竹積層材の強度特性を検討した既報¹³⁾では、加圧蒸気処理0.5MPa(150℃)、20分としたラミナを用いた結果では、曲げ強度への影響はない、としているが、今回の食害抑制効果を優先すれば、処理圧力(温度)、処理時間も従来处理条件よりも強度特性の面では低下する恐れがあることから、今後これらを含めて総合的な検討も必要である。

3.2 加圧蒸気処理とデンプン量の関係

各加圧蒸気処理条件とデンプン含有量(w%)をFig. 7に示す。デンプン含有量は、加圧蒸気処理を行なっても無処理と同程度であり、処理圧力(温度)及び処理時間によるデンプンの減少はないと考えられた。

この結果は、加圧蒸気処理した竹材では成虫食害を抑制する可能性を示唆していることから、デンプン以外の成分変化も含めて、今後はさらに検討を続ける必要がある。

例えば、安藤ら¹⁴⁾は、加圧熱水温度とモウソウチク等3樹種の木竹成分の分解挙動をリグニンで120-140℃、ヘミセルロースで140-150℃、セルロースで230-240℃が分解の始まる温度域としており、また、pHも変化し、モウソウチクの場合、常温から熱水温度180℃までの間にpH7から4.5へと変化し、有機酸、特にクエン酸濃度が高い、としている。これら熱分解成分やpHの変化とシンクイの食害についても、今後の検討課題として捉えておくべきであろう。

4. まとめ

割竹状の竹材において、加圧蒸気処理条件とシンクイの食害抑制効果の関係を把握することを目的に、加圧蒸気処理した竹材の成虫食害試験及び食害の主要因とされるデンプン量の影響を調べた結果を次のようにまとめた。

(1) 常圧(100℃)の蒸気処理では、処理時間や食害試験法に関係なく、成虫の食害穿孔数及び重量減少率とも無処理材と同等であり、食害抑制効果は認められなかった。

(2) 加圧蒸気処理では、処理圧力(温度)が高く処理時間が長くなるほど、無処理に比べ食害穿孔数及び重量減少率とも明らかに減少し、成虫食害の抑制効果が高くなる傾向を示した。

(3) 無処理の重量減少率(WL₀)と加圧蒸気処理した各条件の重量減少率(WL_t)の差を重量減少抑制率(RC#L)として、計算した結果、特に、0.7MPa(165℃)では、処理時間30分で約50%、60分で約70%の重量減少抑制率を示し、食害抑制効果が認められた。

(4) デンプン含有量(w%)は、加圧蒸気処理を行なっても無処理と同程度であり、処理圧力(温度)、時間による含有量の変化も認められなかった。これらの結果は、割竹状の竹材に単に加圧蒸気処理を実施しても、デンプンの溶脱や変化はなく、成虫による食害穿孔等の被害を受けることを示した。

謝辞

本研究のデンプン分析にあたっては、(財)日本食品分析センター 栄養科学部 糖質分析課 課長 瀧上賢一氏ほか皆さんの協力を得た。

ここに、両氏及びその所属機関へ深謝の意を表します。

また、本研究を正確な作業で補助していただいた廣瀬慶子氏に感謝します。

追悼

本研究事業の企画立案者であり、実施計画に至るまで指導的立場で参画していただいた独立行政法人 森林総合研究所 複合材料研究領域長 鈴木憲太郎先生は、2006年10月28日ご逝去されました。これまで、日本の木材保存分野における権威として、防虫、防腐、防カビ等について全国各地での現場指導にご尽力されるなど、その多大な貢献は計り知れません。長年に亘って賜りましたご教導・ご鞭撻に対し深く感謝し、本報を捧げて哀悼の意を表し、衷心よりご冥福を祈念申し上げます。合掌

参考文献

- 1) 小谷公人：同志社大学 竹の高度利用研究センター「平成16年度第3回ワークショップ」講演，(2004)
- 2) 井上正文：JOURNAL OF TIMBER ENGINEERING, No. 65, (2005)
- 3) 中原恵，大内成司，坂下仁志，阿部優，北嶋俊朗：大分県産業科学技術センター 平成13年度 研究報告，p106-108, (2002)
- 4) 遠矢良太郎，森田慎一，山角達也，中村寿一，山之内清竜，福留重人，日高富男，函師朋弘：鹿児島県工業技術センター 研究報告 第8号，p15-23, (1994)
- 5) 小幡透，田島英俊，森田慎一，神野好孝：鹿児島県工業技術センター 研究報告 第17号，p33-37, (2003)
- 6) 紫藤貴之，大窪和也，藤井透：Bamboo Journal, No. 19, p15-23, (2002)
- 7) 則元京：木材工業，vol. 61, No. 10, p430-435, (2006)
- 8) 例えば 渋沢龍也：グリーン・エージ，32(4)，p24-27, (2005)
- 9) (社) 農林水産技術情報協会ホームページ：
<http://www.afftis.or.jp/project/hightech/h18/pdf/18097.pdf>
- 10) 二宮信治，小谷公人，古曳博也，中原恵：BAMBOO JOURNAL, 15, p48-55, (1998)
- 11) 二宮信治：大分県産業科学技術センター 平成12年度 研究報告，p125-126, (2001)
- 12) 二宮信治，中原恵：BAMBOO JOURNAL, 18, p63-69, (2001)
- 13) 大内成司，中原恵，阿部優，小谷公人，坂下仁志：大分県産業科学技術センター 平成12年度 研究報告，p121-124, (2001)
- 14) 安藤浩毅，古川郁子，神野好孝，坂木剛，上村芳三，幡手泰雄：鹿児島県工業技術センター 研究報告 第14号，(2002)