

# 竹建築ボードの成型技術の開発

日高富男\*, 小幡 透\*\*, 新村孝善\*\*\*, 山角達也\*  
井口よう子\*\*\*\*, 宮本康太\*\*\*\*\*, 渋沢達也\*\*\*\*\*

## Development of Forming and Processing Technology of Bamboo Boards for Building

Tomio HIDAKA, Toru OBATA, Takayoshi SHINMURA, Tatsuya YAMAZUMI  
Yoko INOKUCHI, Kota MIYAMOTO and Tatsuya SHIBUSAWA

竹炭を主原料とした竹建築ボードを開発するため、竹炭とグルコマンナン（こんにゃくの主成分）の混合割合や成型条件について、また、強度補強するための竹繊維の製造条件、混合割合及び表面素材について検討し、製造したボードの曲げ強度等の性能を評価した。その結果、ボードの表面を障子紙で被覆し、蒸煮処理した竹長繊維を添加することで、高い曲げ強度（8.2MPa）を有する環境負荷の少ない竹建築ボードを開発することができた。

**Keyword** : 竹炭, 竹繊維, 竹建築ボード, グルコマンナン, 高強度

### 1. 緒 言

わが国には、マダケ、モウソウチクをはじめとする多数の竹類が生育している。現在の日本は約36,000haを超える竹林面積がある。その中で本県は約16,000haの竹林面積を持ち、全国一である。<sup>1)</sup>しかし、竹材の利用率を見ると全国平均で約4%程度で、本県でも約10%に過ぎない。<sup>1)</sup>その要因として、竹材等の輸入の増加やプラスチック等竹材代替資材の普及等が挙げられる。また、労働者の高齢化による労働力不足や竹材利用量の減少等から、未利用のまま放置されている竹林が周辺の里山に侵入して森林を破壊するなど、深刻な環境問題が生じており、本県においても、森林環境税制度の導入を含め、里山環境の保全を目的とした荒廃竹林の施業管理の実施を推進している。

また、竹は3～5年で成竹し短期間で再生可能なことから、持続可能なバイオマス資源として有効な材料であり、竹材の利・活用を図るための一つの方法として、竹を炭化し、得られた竹炭を用いた建築ボードが開発され報告されている。<sup>2)～4)</sup>

著者らは、これまでにこんにゃくの主成分であるグルコマンナンを用いて木炭成型品を製造する特許を取得しており<sup>5)</sup>、その基本特許を元に、木質系廃棄物からのエコカーボンボードの開発に取り組み、土木廃材木炭に紙くずを混合することで、目標とした石膏ボードと同等以上の強度を持つエコカーボンボードの製造技術を確立した。<sup>6),7)</sup>

本研究は、これまで得られた知見を活かし、竹炭を主原

とした竹建築ボードを開発するために、竹炭とグルコマンナンの混合割合や成型条件について、また、強度補強するための竹繊維の製造条件、混合割合及び表面素材について検討したので報告する。

### 2. 実験方法

#### 2.1 竹建築ボードの製造方法

##### 2.1.1 原料

原料の竹炭は、市販品（竹炭3号：鶴田竹活性炭製造組合製）を使用し、粒径を3.3mm以下に調整した。グルコマンナンは、市販の（微粒子こんにゃく粉：(株)荻野商店製）を用いた。

##### 2.1.2 竹建築ボードの製造工程

ボードは図1に示す工程で製造し、成型したボードは風乾後、85℃の定温器で一晩乾燥させた。

工程1：ポリ容器に竹炭、グルコマンナン、竹繊維及び水を入れてハンドミキサーを用いて十分に攪拌する。

工程2：300mm角の型枠の底に障子紙を敷く。

工程3：型枠の中に工程1で混合した材料を均等に敷き詰める。

工程4：原料を障子紙で覆う。

工程5：ホットプレスで成型してボードを完成させる。

#### 2.2 竹建築ボードの製造条件の検討

##### 2.2.1 プレス条件

ボードの成型に当たりプレス条件を検討するために、竹炭200g、グルコマンナン20gに水100mlを加え、プレス温度を3条件（90℃、100℃、110℃）、プレス時間を3条件（7分、10分、13分）、プレス圧は5MPaでボードを製造し、

\*木材工業部

\*\*化学・環境部

\*\*\*化学・環境部（現 素材開発部）

\*\*\*\*独立行政法人 森林総合研究所（現 東京農工大学）

\*\*\*\*\*独立行政法人 森林総合研究所

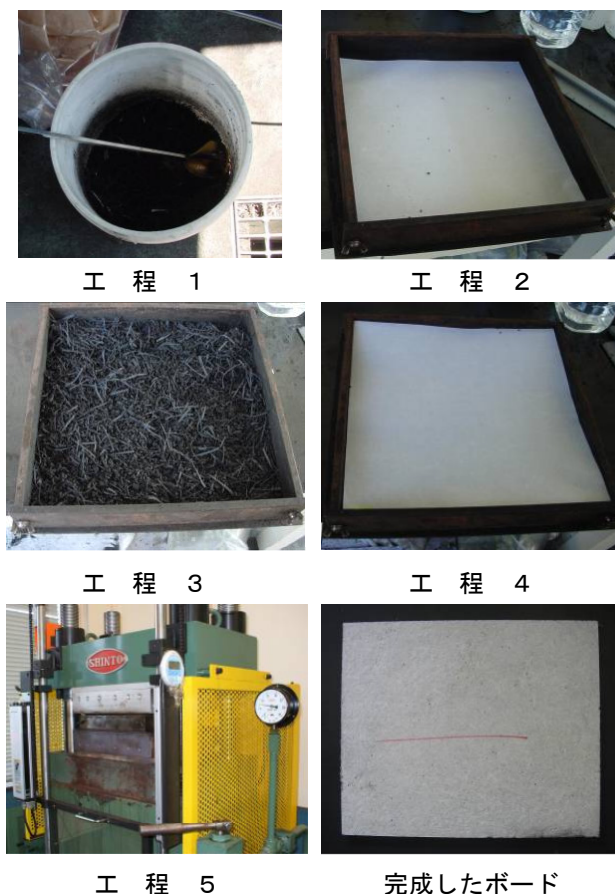


図1 竹建築ボードの製造方法

曲げ強度を測定した。なお、表面素材には障子紙をプレス成形には(株)神藤金属工業所製NSF-100型圧縮成形機を用いた。

### 2. 2. 2 表面素材

竹炭を用いたボードは、そのままでは表面に竹炭が露出し、触ると汚れる恐れがある。そこで、表面に竹炭が露出しないようにするために、表面に用いる素材について検討した。表面素材なし、ポリエステル不織布(厚さ0.2mm:旭化成(株)製)、ポリ乳酸不織布(厚さ0.4mm:ユニチカ(株)製)および障子紙(厚さ0.1mm:有泉商店製)で被覆したボードを製造し、曲げ強度を測定した。なお、製造条件は、竹炭200gに水100mlとグルコマンナン20gを用い、このときのプレス条件は温度100℃、時間10分、圧力は5MPaとした。以降の項目についてもプレス成型はこの条件で行った。

### 2. 2. 3 バインダー量

竹建築ボードを製造する際の最適なバインダー量を検討するために、グルコマンナン量を変化させたボードを製造した。竹炭300gに水100mlとグルコマンナン18~36gを添加してボードを製造した。表面には障子紙を用い、以降のボードの製造でも障子紙を用いた。

### 2. 2. 4 補強剤としての竹繊維の添加

竹建築ボードの強度の向上を図るために、竹繊維の添加割合を変化させたボードを製造した。供試した繊維は、未処理(生)の竹繊維と竹粉、および、蒸煮処理を行い解繊した竹繊維を用いた。なお、以降のボード製造においては、竹炭量は300g、グルコマンナン量は30g、水150mlとした。

#### (1) 未処理の竹繊維の混合

未処理の竹繊維(長さ10mm)または竹粉(粒径1mm)を0~40g添加してボードを製造し曲げ強度への効果を調べた。

なお、未処理の竹繊維は植繊機で製造した。また、竹粉は(株)東洋油圧工業製リファイナーを用いて製造した。

#### (2) 蒸煮処理した繊維長の異なる竹繊維の混合

蒸煮処理した竹繊維を3.35mmと2.0mmの2つの篩を用いて篩別し、3.35mmの篩に残ったものを長繊維、3.35mmの篩を通過し2.0mmの篩に残ったものを中繊維及び2.0mmの篩を通過したものを短繊維とし、それぞれの繊維を0~45g混合した竹建築ボードを製造し、竹の繊維長による曲げ強度への効果を調べた。

なお、この竹繊維は本県産の竹齢4~5年生のモウソウチクを原料とし、(独)森林総合研究所の協力により、スクラブチッパーでチップ化した後、蒸気圧1.0MPa(蒸煮温度170℃)、温度保持時間15分で蒸煮処理を行い、ハンマーミルにて破碎したものをを用いた。

#### 2. 2. 5 含脂率を一定にした竹建築ボードの製造

竹炭量を固定し、竹繊維量を増やした際に生じる可能性のあるバインダー量不足を解消して、竹繊維の添加による強度向上効果を検討するために、混合する竹繊維の量に応じてグルコマンナン量を変化させる条件でボードを製造し、曲げ強度への効果を調べた。詳細は、表1に後述する。

なお、竹繊維は2. 2. 4(2)項の長繊維、中繊維の混合物を使用した。

#### 2. 2. 6 竹建築ボードの評価

製造したボードは、精密万能強度試験機((株)島津製作所製AG-100KNE形)を用いて強度試験を行った。試験方法は、「JIS A 1408 建築用ボード類の曲げ及び衝撃試験」に準拠し、長さ300mm×幅240mmに切断した試験体をスパン240mm、荷重速度5mm/分で試験を行った。なお、障子紙の繊維方向と直交するように荷重を与えた。

## 3. 結果及び考察

### 3. 1 プレス条件

プレス温度、プレス時間を変化させて製造した竹建築ボードの曲げ強度試験結果を図2に示す。プレス温度100℃、時間10分のときに曲げ強度は最大値(5.2MPa)を示した。

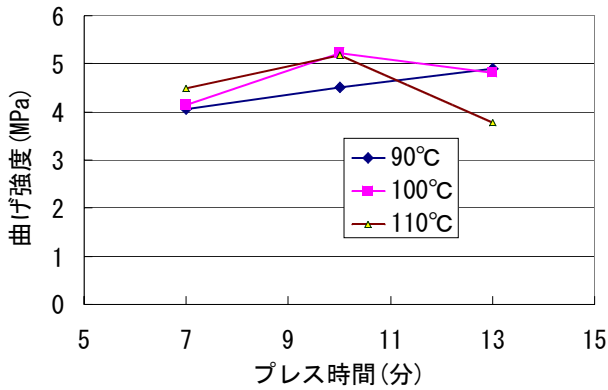


図2 プレス条件と曲げ強度の関係

### 3. 2 表面素材の効果

表面素材の異なる竹建築ボードの曲げ強度試験結果を図3に、また、竹建築ボードから障子紙を剥離した時のボードの表面の様子を写真1に示す。障子紙を用いた場合に4.2MPaと最も高い強度が得られた。また、写真から、障子紙の繊維がボード表面に多く残っていることから接着性が良好であったことが確認できた。

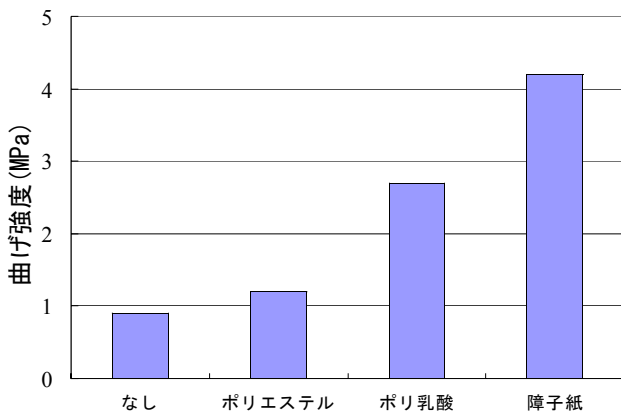


図3 表面素材の種類と曲げ強度の関係

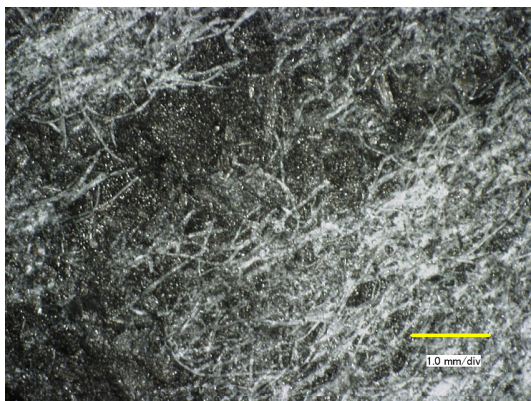


写真1 ボード表面に残った紙の繊維

### 3. 3 バインダー量の検討

グルコマンナン量を変化させて製造した竹建築ボードの曲げ強度試験結果を図4に示す。竹炭300gに対してグルコマンナンが30gのとき4.6MPaと高い値を示した。すな

わち、グルコマンナン量が竹炭の10%のとき最も強度が高くなることが明らかになった。

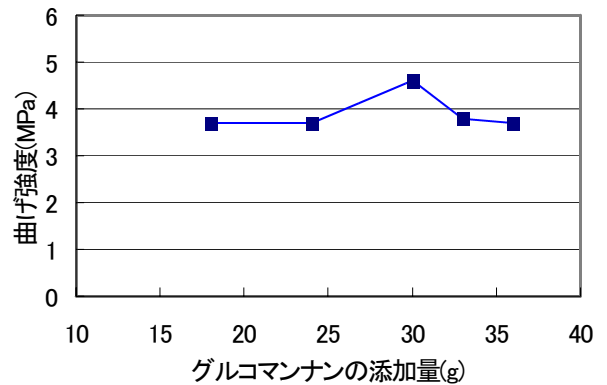


図4 グルコマンナン量と曲げ強度の関係

### 3. 4 竹繊維の添加

#### (1) 未処理の竹繊維の混合

2. 2. 4の方法で得られた竹繊維または竹粉を竹炭に混合して製造したボードの曲げ強度試験結果を図5に示す。未処理の竹繊維の混合によりボードの曲げ強度は約1割向上した。熱処理を行わない繊維状元素は全体的に剛直であったために竹繊維同士が絡みにくく強度への効果が小さかったものと推察される。

また、竹粉の混合量が増加するとボードの曲げ強度は低下する傾向が見られた。この理由については、今後、検討する必要がある。

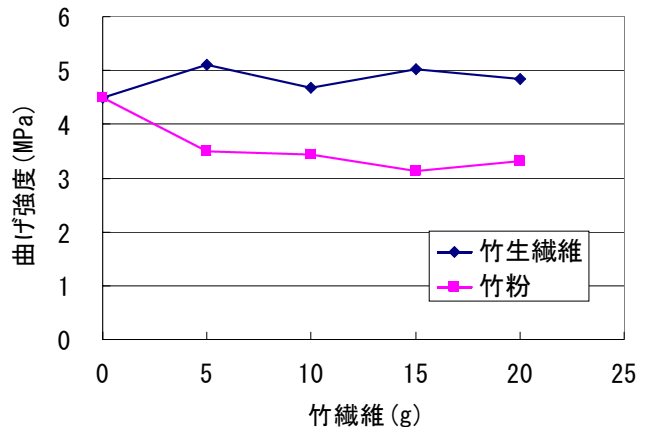


図5 未処理の竹繊維の混合量と曲げ強度の関係

#### (2) 蒸煮処理した繊維長の異なる竹繊維の混合

2. 2. 4の方法で得られた竹繊維を篩別して得られた3種類の繊維長の竹繊維を用いて製造した竹建築ボードの曲げ試験結果を図6に示す。

蒸煮処理を行った竹繊維を混合した竹建築ボードでは、繊維の混合量が多くなるほどボードの曲げ強度が高くなる傾向が見られた。その傾向はすべての繊維で見られ、特に長繊維では顕著であった。これは、蒸煮処理により竹繊維

が柔軟性を帯びたことから繊維が長くなるほど繊維同士が良く絡み合い、曲げ強度への効果が現れたためと推察される。なお、長繊維の添加量が45gのときに曲げ強度が低下したのは繊維が長いために攪拌が容易でなく原料が均一に混ざらなかったこととバインダー量が不足したことが要因と考えられる。

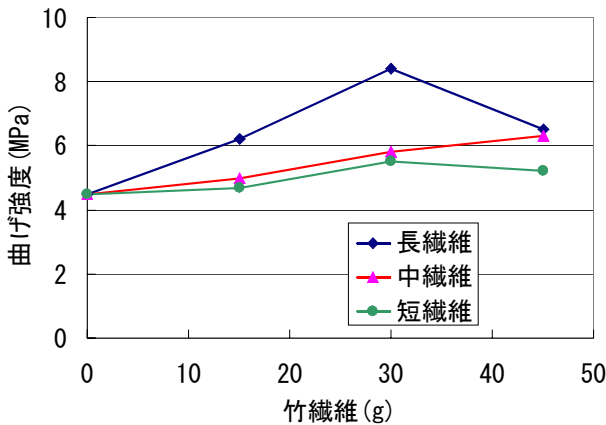


図6 竹繊維の長さとの曲げ強度の関係

### 3. 5 含脂率一定の竹建築ボード

3. 4 (2) 項の結果を踏まえ、蒸煮処理した竹繊維量の増加に伴い、バインダー量も増加させる条件で製造した竹建築ボードの構成を表1に、製造した竹建築ボードの曲げ試験結果を図7に示す。

表1 含脂率一定の竹建築ボードの構成

ボード構成	竹炭 (g)	グルコマンナン (g)	竹繊維 (g)
1型	300	30	0
2型	300	31.5	15
3型	300	33	30
4型	300	34.5	45
5型	300	36	60

含脂率一定の条件で製造した竹建築ボードは、竹繊維量とグルコマンナン量が増加するに従って曲げ強度が向上した。これは、グルコマンナンの量が適当な配合割合であったことで曲げ強度が高くなったと考えられた。

### 4. 結 言

以上のような条件で竹建築ボードを製造し、次のことが明らかになった。

- (1) 竹建築ボードの製造には表面素材に障子紙を使用することで曲げ強度が向上した。

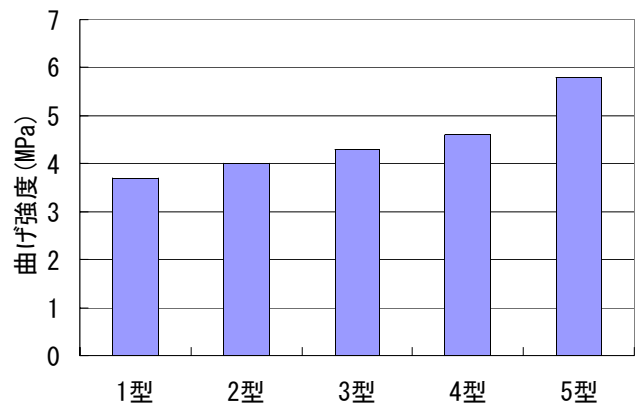


図7 含脂率を一定にした竹建築ボードの曲げ強度

- (2) 竹建築ボードに混合する竹繊維は蒸煮処理した長繊維を使用することで曲げ強度が向上した。
- (3) 竹建築ボードに混合する竹長繊維の量が増加するに伴い曲げ強度が向上した。

なお、本研究は、先端技術を活用した農林水産研究高度化事業（平成18、19年度）および新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（平成20年度）「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」の中で、「竹建築ボードの機能性及び付加価値の付与に必要な製造技術の開発—環境に配慮した機能性竹建材の成型技術の開発—」の受託研究の一環として行った。

### 参 考 文 献

- 1) 平成19年度林野庁統計
- 2) K. Shibano, S. Yoshizawa, Y. Ogawa: Proc. 2nd Inter. Sympo. On Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (Eco Design 2001), 1110-1113 (2001)
- 3) 柴野一則, 吉澤秀治, 後藤純雄, 小川游, 須川修身, 矢島博文: 炭素, 220, 300-309 (2005)
- 4) Takashi Asada, Akifumi Yamada, Shigehisa Ishihara, Toru Komatsu, Ryusuke Nishimaki, Tatsu Taira, Kikuo Oikawa: Tanso, 211, 10-15 (2004)
- 5) 森田慎一, 新村孝善, 松永一彦, 荻原早準: 特許第3357020号
- 6) 小幡透, 日高富男, 西和枝, 新村孝善: 鹿児島県工業技術センター研究報告, 21, 31-40 (2007)
- 7) 日高富男, 小幡透, 新村孝善, 荻原早準: 特開2008-087348