

竹の繊維化に関する検討

小川友樹*

Study on fiberization of bamboo
Tomoki Ogawa

1. 緒 言

山口県の竹林面積は約 12,000 ha であり(全国で第 4 位, 表 1 参照), やまぐち森林づくり整備事業の中で繁茂竹林整備事業として竹を伐採しているが, 伐採された竹は一部バイオマス発電用燃料として使用されているのみであり, 多くは竹林中に野積みされたまま放置されている(図 1 参照). 有効な利用手段は確立されていない.

竹を資源として活用する一つの方法として繊維化が行われ, プラスチックコンポジット材料等への応用がなされてきた. 今日では, 従来から使用されている湿式法や乾式法を用いたナノファイバー化について検討されている. 湿式解繊では竹の前処理工程が必要であり, 柔軟化, 蒸解・漂白工程等に薬品の使用, 廃水処理等が課題となる¹⁾.

また, 乾式粉碎では, 剛直な竹繊維が生じて肌に刺さる懸念があり, 粉碎回数を増加させるとアスペクト比(繊維長さ/繊維径)が小さくなってしまい, 繊維として得ることは困難である(図 2 参照).

そこで, 本研究ではこれらの問題を解決するため, 先ず竹の繊維化装置を試作し, 剛直ではない竹繊維の作製について検討した. また, 得られた竹繊維の物理的処理によるナノファイバー化について検討した.



図 1 野積みされた竹

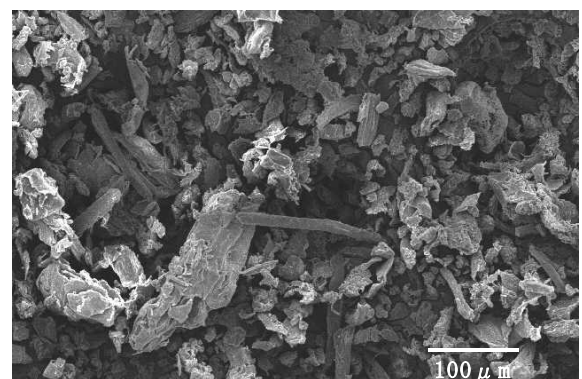


図 2 竹の乾式粉碎物の SEM 像

表 1 都道府県別竹林面積

都道府県	竹林面積 (ha)
鹿児島県	17,927
大分県	14,042
福岡県	13,619
山口県	12,001
島根県	11,157

H29. 3. 31 林野庁統計より

2. 実験方法

2・1 竹繊維の原料

竹は西日本技術開発有限会社所有の竹林のモウソウチク(竹年齢: 1 年未満)を使用し, 竹を伐採後, 稈を切り出して節を取り除いたものを実験に使用した.

2・2 竹繊維の作製

図 3 に竹の稈の部分を切り出した外観および断面を示す. 稈は外側から表皮, 柔細胞・維管束および内皮からなり, 表皮および内皮には繊維質のものは存在しない.

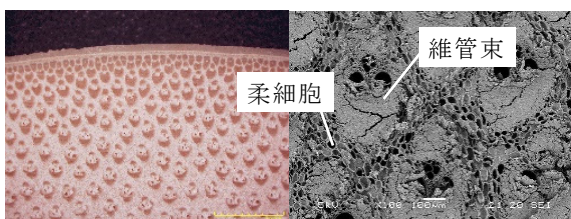
通常, 竹繊維とは柔細胞を除去した維管束の部分を用いる. 維管束の分布は表皮側が密であり, 内皮側にいくに従って粗になるため, 繊維を効率良く取り出すためには表皮を薄く削り取る必要がある. また, 維管束は 100 μm 程度の幅で竹の伸長方向に直線状に存在しているため, 竹繊維を取り出すためにはできるだけ竹の伸長方向と同じ向きで処理することが重要である.

図 4 に試作した繊維化装置の外観を示す. 竹の処理部はベルトサンダー(RYOBI 製 BDS1010)を使用し, ベルトは 3M 製キュービトロン(粒度 36)を用いた. 竹の処理は手動で行い, ベルト処理面の動作方向と竹の伸長方向が同じ向きになるように接触させながら研削した. 先ず, 表皮を削り取った後, 柔細胞・維管束部分まで研削した(内皮部分は処理せず). 研削された竹は集じん機で回収した後, ふるいで粉末を除いて竹繊維を得た. 得られた竹繊維は, 金蒸着後, 低真空走査電子顕微鏡(日本電子製 JSM-5600LV)で観察した.

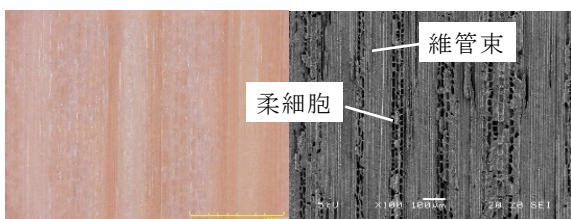
* 企業支援部環境技術グループ



(a) 外観写真(節無し)



(b) 伸長方向に垂直な断面



(c) 伸長方向に平行な断面

図3 竹の外観と切断面

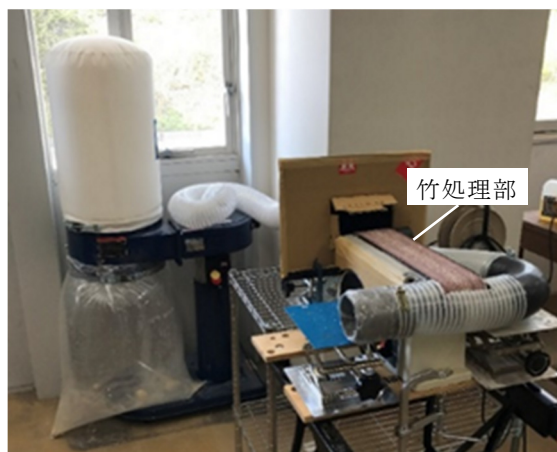


図4 繊維化装置

2・3 竹繊維のナノファイバー化

繊維化した竹を水と一緒にミキサー(Vitamix 製 TNC5200)に入れて解繊し、吸引る過により水を除去した後、ディスクミル(増幸産業製スーパーマスコロイダーMKZA6-5)で処理した。ディスクミルの砥石はMKG-C120#を用い、処

理するに従って徐々に砥石間隔を狭めていき、最終的には砥石同士が接触する寸前まで間隔を狭めた。

得られた処理物は静置し、上澄みを吸引る過で取り除き、再度解繊処理を数回繰り返した。

各処理で得られた繊維の観察は乾燥物を白金蒸着し、フィールドエミッション走査電子顕微鏡(日本電子製 JSM-7500)で観察した。ただし、脱水後、再度解繊処理したものの乾燥は噴霧凍結乾燥により行った²⁾。

3. 実験結果

3・1 竹繊維の観察

繊維化装置で得られたものは粉末状および嵩高い繊維であり、剛直な繊維質のものはなかった。粉末は柔細胞、繊維は維管束から得られたものと考えられる。得られた繊維を目開き10mmの篩でふるったところ、篩に残った繊維重量は全体の40%程度であり、繊維の製造量は200g/hであった。

図5に得られた竹繊維の外観およびSEM像を示す。繊維幅は100 μm 程度、繊維長は10mmから50mmであった(アスペクト比:100から500程度)。繊維は繊維幅20 μm 程度の繊維の集合体と考えられ、一部ほぐれており、より細い繊維を作製することが可能と考えられる。



(a) 竹繊維の外観



(b) 竹繊維のSEM写真

図5 竹繊維の外観およびSEM写真

3・2 竹繊維のナノファイバー化

図5から竹繊維は繊維幅20 μm 程度の繊維集合体であり、部分的にはほぐれていたが、ナノファイバーおよびフィブリル化した(毛羽立った)形状は観察されなかった。そこで、ナノファイバー化を行うため湿式処理であるミキサー処理およびディスクミル処理を行った。図6に竹繊維のミキサ

一処理物の SEM 像を示す。処理物は繊維幅 20 μm 程度のものであり処理時間を長くしても変化はなかったことから、作製した竹繊維はミキサー処理ではナノファイバー化されないことが分かった。竹をクエン酸処理した際はミキサーでナノファイバー化することが可能であるため³⁾、ミキサーでナノファイバーを製造するためには従来方法と同様に蒸解、漂白等の処理を行う必要があると考えられる。

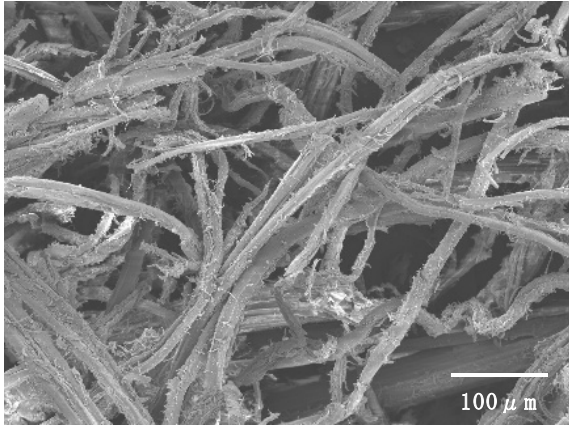


図6 竹のミキサー処理物の SEM 像 (200 倍)

図7に竹繊維のディスクミル処理物の SEM 像を示す。繊維幅 20 μm 程度の繊維の表面上に繊維幅 1 μm 程度のマイクロフィブリルが観察され、部分的にフィブリル化されているのが観察された。ただ、処理物の中に水が分離している状態のものを何度解繊処理してもこれ以上のフィブリル化は進まず、ナノファイバー化はできなかった。

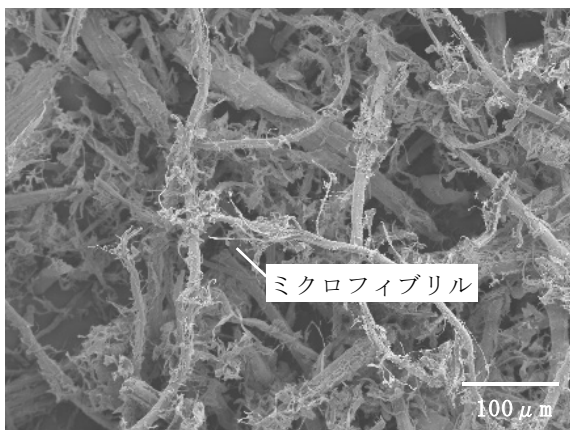
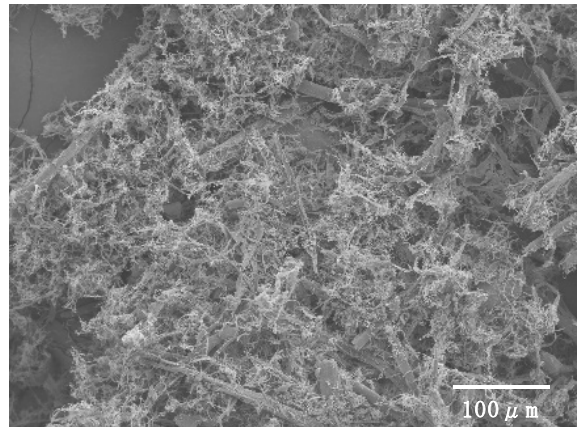
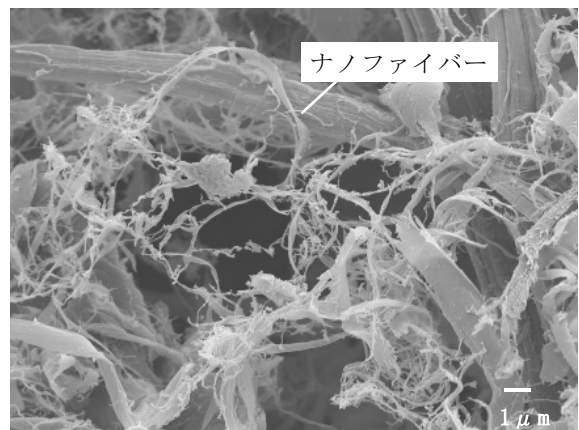


図7 ディスクミル処理物(脱水前)の SEM 像 (200 倍)

図8に脱水後に再度ディスクミル処理して得られた処理物の SEM 像を示す。脱水前の繊維よりフィブリル化が進行し、一部ナノファイバーが観察された。これは、余分な水が除去されたことにより竹繊維同士がより強く摩擦されたためと考えられる。ディスクミル等の物理的処理による解繊は徐々に細かく解繊していくので、処理回数を増やすほどナノファイバーの量が増加すると考えられる。



(a) ディスクミル処理物(脱水後) (200 倍)



(b) ディスクミル処理物(脱水後) (5000 倍)

図8 ディスクミル処理物(脱水後)の SEM 像

4. 結言

竹の繊維化に関する検討を行った結果、試作した繊維化装置により剛直ではない繊維幅 100 μm 程度の繊維を作製することができた。また、この竹繊維はディスクミル処理によりナノファイバー化することが分かった。

本研究の実施にあたり、竹の提供をして頂いた西日本技術開発の西岡栄佑代表取締役様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 次世代素材のセルロースナノファイバーの製造技術を開発～酵素処理を用い、食用にもなる素材を杉や竹の生息地で製造可能火～, Nanotech Japan Bulletin, **9**(5), p. 1-8(2016).
- 2) 小川友樹:セルロースナノファイバーと熱可塑性樹脂との複合化に関する研究, 山口県産業技術センター研究報告, **30**, p. 14-17(2018).
- 3) 小川友樹:クエン酸を用いたタケからのセルロースナノファイバーの製造について, 山口県産業技術センター研究報告, **28**, p. 30-32(2016).