

非レーヨン系竹綿糸の 国産生産技術の開発・実証

実施：エシカルバンブー株式会社

エシカルバンブー株式会社 代表取締役社長 田澤恵津子
技術担当役員 岡野 正



目次

1. 目的
2. 非レーヨン製法とは
3. 非レーヨン製法で確立している方式
4. 非レーヨン製法：環境負荷の低減
5. 国産竹を使用する理由と国産竹の種類
6. 国産竹を使用する上での課題
7. 竹から繊維を取り出すプロセス
8. 竹繊維の紡糸工程と開発ポイント
9. 評価方法
10. 竹から繊維を取り出すプロセス検証
①アルカリ処理
11. 竹から繊維を取り出すプロセス検証
②機械的解繊
12. 竹から繊維を取り出すプロセス検証
③考察と対策
13. フィブリル化を促進
14. フィブリル化を促進②スチーム・乾燥処理
15. フィブリル化を促進③ピンミル
16. フィブリル化を促進④ボールミル
17. フィブリル化を促進④-2 ボールミル
18. フィブリル化を促進④-3 ボールミル打撃試験
19. カーディングマシン
20. 竹繊維に特化したカーディングマシン
21. 紡糸の仕組みと紡糸テスト結果
22. 全工程フロー（ラボ）
23. 製造コスト削減：バンブーレーヨンや
その他繊維と比較
24. まとめ



1. 目的

本事業の目的は、全国で深刻化する放置竹林の継続的な利活用と、竹資源の高度な付加価値化を推進するために、非レーヨン系繊維（竹）を開発し、地域経済の再生と地球環境への貢献を両立する新たな竹資源活用の産業構築を目的とする。



2. 非レーヨン製法とは

レーヨン製法

レーヨンは、木材パルプや竹などのセルロースをアルカリ（苛性ソーダ）及び二硫化炭素と反応させてアルカリ水溶液中に溶解し、これを口金から硫酸ナトリウム等に押しだし、引き延ばして繊維素（セルロース）を凝固・再生して製造された繊維（参考資料：ボウケン）

レーヨン製法のメリット・デメリット

【メリット】絹に似た滑らかな肌触り。原材料が植物由来セルロースである為、生分解されやすい。吸湿性や通気性に優れている。

【デメリット】従来のビスコース法では、製造工程では有害な化学薬品を使用。労働環境や周辺環境への対策が大きな課題。吸湿すると極端に強度が小さくなる。洗濯時には縮みやすい。収縮率も高い。濡れると型崩れをしやすい。

3. 非レーヨン製法で確立している方式

物理的・機械的抽出製法

従来の機械を使用しての製法は繊維の損傷が課題であったが、今回の製法は繊維を傷めず微細化できる為、衣料用に使用可能な高品質な繊維が期待できる。

複合的抽出製法

自社開発のアルカリ溶液を使用することでリグニンが除去されやすく紡績性が向上。



4. 非レーヨン製法：環境負荷の低減

環境負荷の低減：多くのレーヨン工場では使用後の溶剤（科学薬品）の回収があまり進んでおらず、排気や廃水として流出。本事業では化学薬品を使用せず、環境負荷の掛からない国産竹100%使用の竹繊維製造を目指す。

カスケード利用の最大化：製造工程で出てくる廃液・廃水・排気もカスケード利用し、再資源化。従来のレーヨン製法では溶解工程後に廃液処理や設備コストがかかっていたが、今回の製法では溶解後の処理工程費用等を大幅に削減が可能。

実用化と市場性の確立：製造工程におけるロット間の性状比較を行い、品質の安定した非レーヨン系竹繊維の製造条件をほぼ確立。これにより具体的な製品化（生活用品・環境資材・工業資材等）と持続可能な販売体制の確立を図る。

5. 国産竹を使用する理由と国産竹の種類

社会課題の解決:

日本全国で、手入れが行き届かず周囲の森林や農地を侵食する「放置竹林（竹害）」が深刻な社会問題となっている。竹は成長が非常に早いため、継続的な伐採と活用が不可欠。未利用資源である国産竹を活用することは社会課題の解決にもつながる。更に成長性の早い竹を計画的に伐採・利用するサイクルを生み出す事で、地域資源の循環利用にもつながる。

放置竹林



整備竹林



使用する国産竹の種類:



6. 国産竹を使用する上での課題

国産竹：海外の繊維として製品化されている物に比べて加工がしづらい。太く重量があり、節間も短く肉厚で非常に硬いのが特徴である。

海外竹：繊維として使用される物は直径も3 cm～6 cmと細身。節間が30 cm～60 cmと長く繊維質も柔らかい。

国産竹は加工しづらく、化学薬品を使用することなく竹を柔らかくする技術に関しては事例がない。生育環境や採集時期によって繊維の硬さや成分に違いがあるため、製造の安定を図る為には、製造段階における竹自体の柔軟性を高める為の高度な加工技術の確立と採集時期における細かなデータ分析等の追求が必須である。

国産竹



海外竹



7. 竹から繊維を取り出すプロセス

竹の細胞の構造

セルロースをヘミセルロースで束ねリグニンで固定した構造（図1参照）

プロセスの概要

リグニンとヘミセルロースを外してセルロースを（破壊しないで）取り出す

リグニンを剥がす化学的方法

アルカリ液でリグニンを溶解

繊維を取り出す物理的方法

摩擦や圧力を加え結合を破壊する

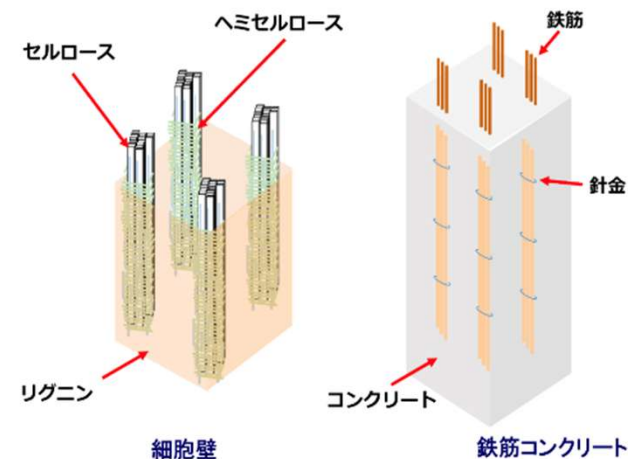
検証した工程

12. 竹から繊維を取り出すプロセス検証③考察と対策で説明

評価方法

- ①リグニンやヘミセルロースを外すことにより竹の繊維が柔らかくなる
- ②柔らかさ = 到達率の指標とする
- ③硬度はヤング率等の指標があるが測定が煩雑
- ④相対値を官能評価で定義した（9.評価方法）

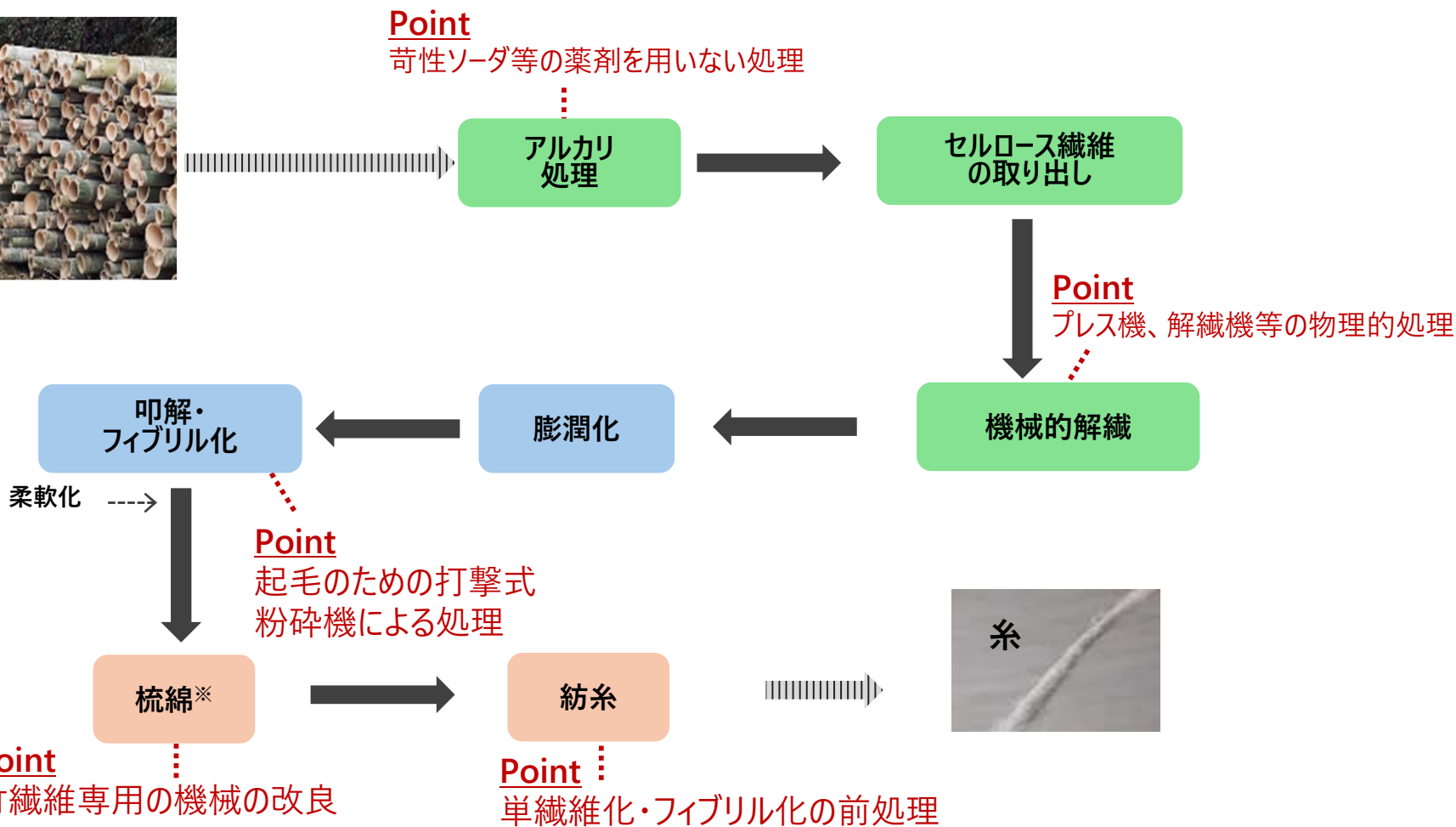
図1



出典：東京農工大学 植物バイオマス化学研究室

8. 竹繊維の紡糸工程と開発ポイント

竹材



※梳綿（そめん・りゅうめん）・・・採取した繊維を櫛で均して、繊維方向が揃った綿状の塊にする作業

9. 評価方法

柔らかさの指標を定義（測定者が触れて代表サンプルと比較する官能評価）
身近な物を代表サンプルとする 5 段階評価

硬度	例 1	例 2
5	割箸	割り箸
4	竹ひご	消しゴム
3	鮑屑	テニスボール
2	人毛	スポンジ
1	羊毛	スライム

10. 竹から繊維を取り出すプロセス検証①アルカリ処理

変数

溶液：PH、浸潤日数、30°C

竹材：加工条件

恒温循環器でアルカリ溶液を循環



触るだけで繊維がほぐれる



簡単に曲がる



真竹、4～8分割

PH	2週間	1ヶ月	3ヶ月
8	5	5	4
9.5	5	5	4
11	5	4	4

真竹、4～8分割 皮剥き、裏皮剥き

PH	2週間	1ヶ月	3ヶ月
8	5	5	4
9.5	5	4	4
11	5	4	-

11. 竹から繊維を取り出すプロセス検証②機械的解繊

変数

ローラー機：回数

解繊機：回数

ローラープレス機で潰す



0回	1回	2回	3回
4	4	4	4

ローラーで潰すと分割するが柔らかさは変化無し

解繊機で細かく分割



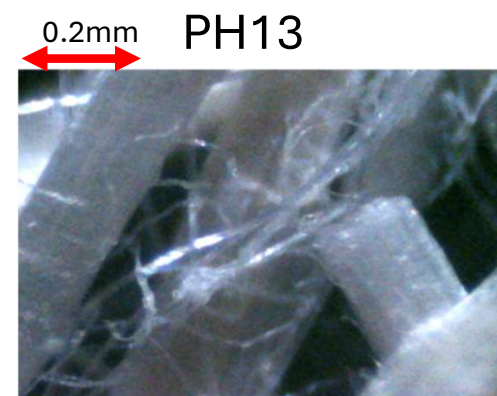
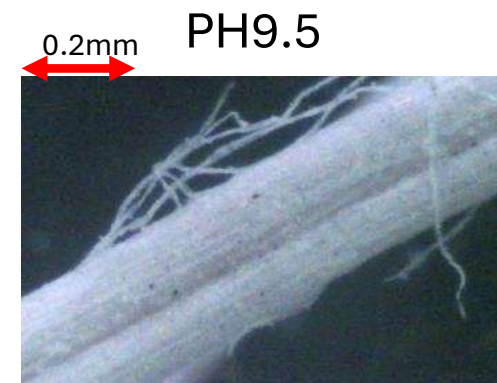
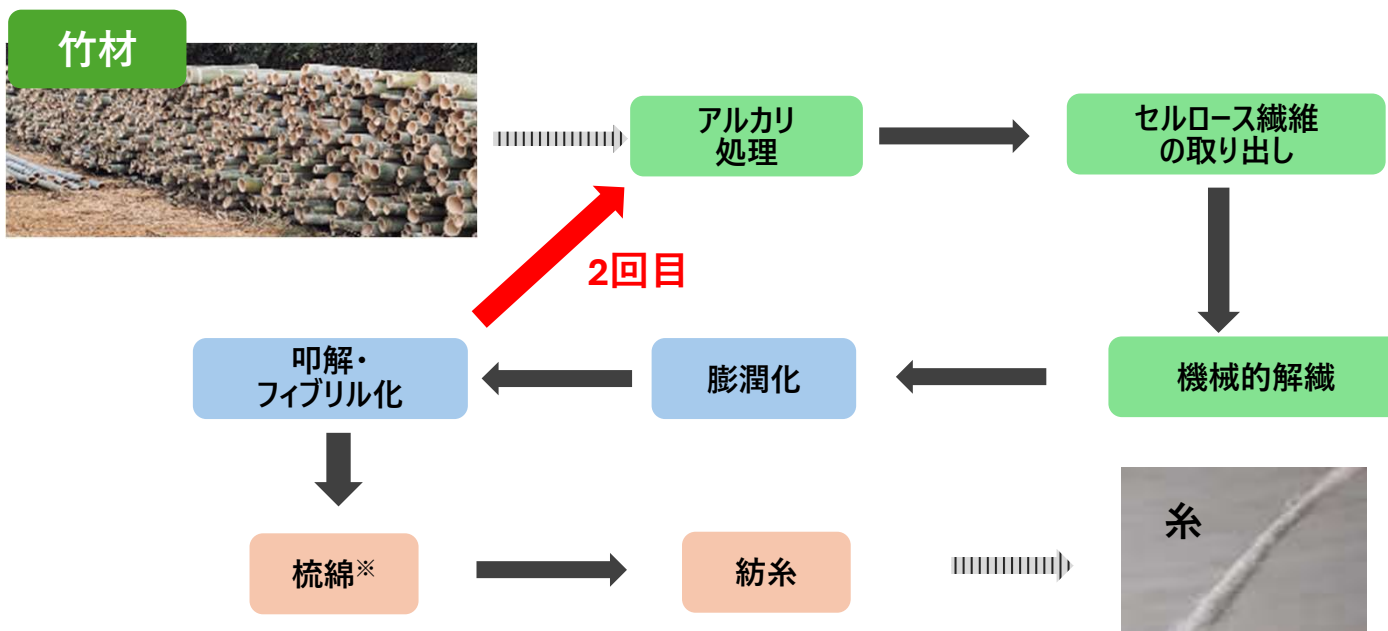
0回	1回	2回	3回
4	4	4	4

細くなるが柔らかさは変化無し

12. 竹から繊維を取り出すプロセス検証③考察と対策

竹材にアルカリ溶液を効率よく浸透させる工程

1. 表裏皮を剥ぐ → やや効果あり
2. 溶液を循環
3. 細分化して表面積を増やす → プロセスを増やす
4. アルカリ度を上げる (Phを調整)



	PH	before	2week
2回目	9.5	4	3
	13	4	2

13. フィブリル化を促進①

フィブリル化

- 繊維は細い繊維状物質であるフィブリルが固まった集合体で構成されている
- 主に湿潤状態の繊維が摩擦を受けて軸方向に裂けフィブリル単体になる

フィブリル化の施策

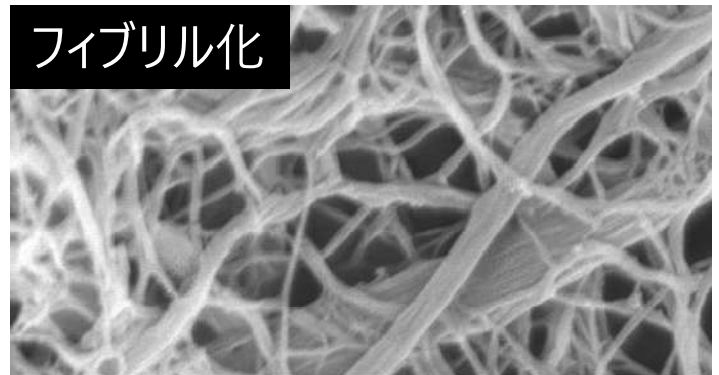
- スチーマで膨潤化
- ドラム乾燥機で乾燥させながら叩く
- 浸潤状態で繊維に摩擦や圧力を加えて結合を破壊する

フィブリル化装置 ピンミルとボールミル

- ピンミルは高速回転するピンディスクを使用して原材料に衝撃を与えせん断し粉碎する。
- ボールミルはメディアを選ぶことで摩擦や衝撃の強さをコントロール可能

評価方法（フィブリル化の指標）

- デニール値は絶対値なので扱いにくい
- 顕微鏡視野内で元の線維束に比べてフィブリル化した繊維の割合を指標とする



14. フィブリル化を促進② スチーム・乾燥処理

スチームとドラム乾燥機の併用によりフィブリル化を促進

スチーム

- ・スチームで膨潤

ドラム乾燥機

- ・散らばりすぎない為に袋を使用
- ・袋内でダマになり打撃効果薄い
- ・メッシュ構造にする事で打撃効果が高まる可能性が高い



15. ファイブリル化を促進③ ピンミル

ピンミル：高速回転するピンディスクを使用して原材料に衝撃を与え剪断し粉碎

問題点

回転部分に繊維が絡まってしまうことと
剪断能力が高すぎて繊維長が短くなりすぎる

対策

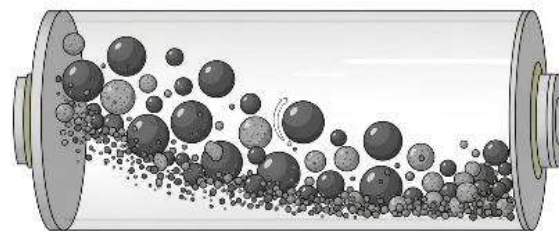
→フィルターの穴径変更 3mm→10mm
→繊維長制限 無制限 20mm→10mm



16. フィブリル化を促進④ボールミル

ボールミル

- ・転動式（ロール回転型：ポットを水平に設置し外側からローラーで回転させる
- ・遊星式（プラネタリーミル）：公転と自転を組み合わせ、強力な粉砕を実現



ボールミルの仕組み

処理方法のポイント

遊星式ボールミル: 非常に強い遠心力と高速回転により、短時間で超微細化が可能のため、繊維をほぐす処理に推奨される。

- ・処理法: 乾式だけでなく液体を用いた湿式処理が繊維化（フィブリル化）に効果的。

メディア（ボール）: アルミナやジルコニアなどのセラミックボールが一般的。

繊維の粉砕において、ボールミルは材料の構造を破壊し、表面積を大幅に増やすことができる非常に効果的な装置である。

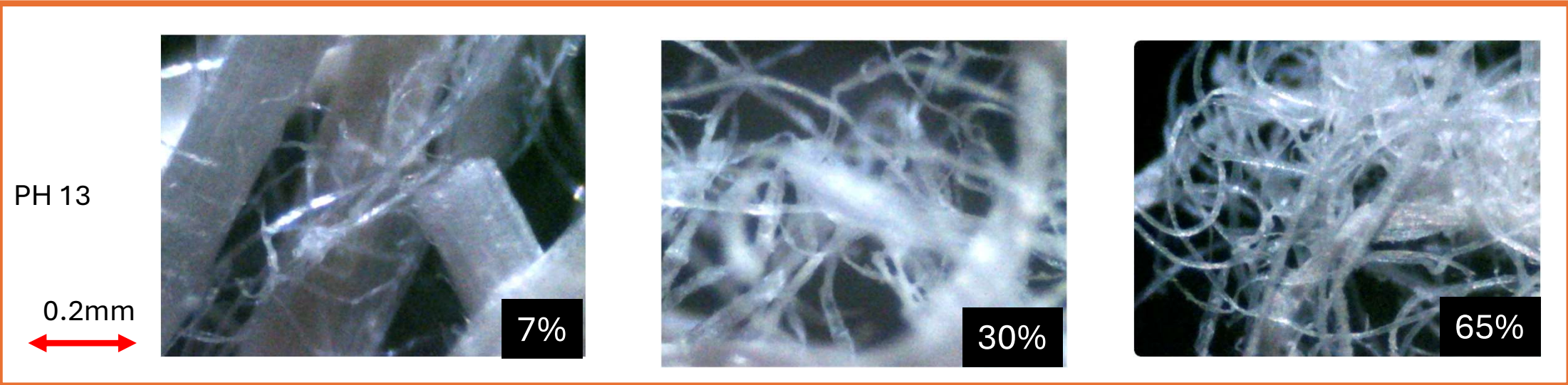
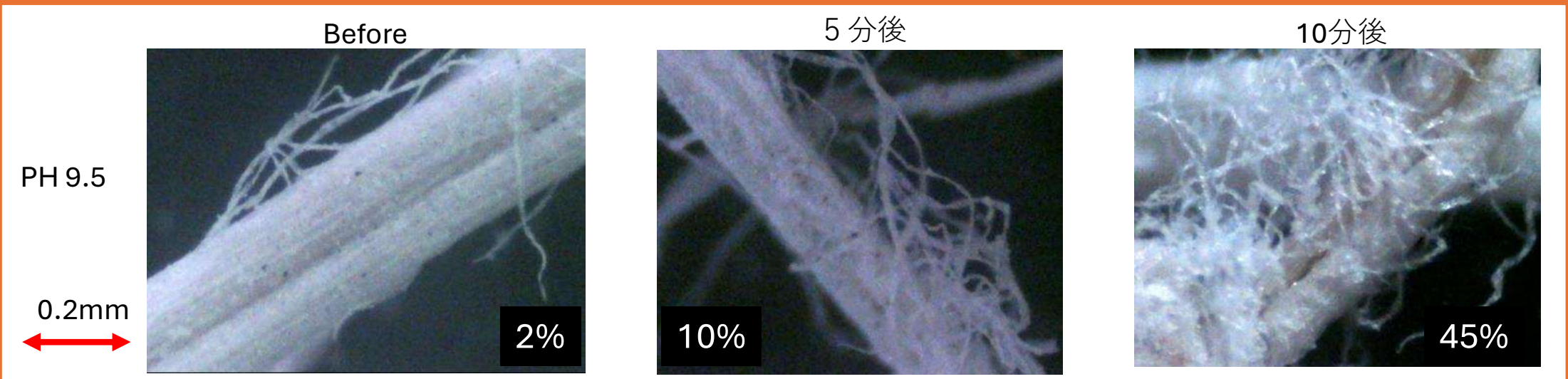
17. フィブリル化を促進④-2 ボールミル

ボールミルの代替えとして

シェイカーに粉碎メディアと繊維を入れて振る事で摩擦と衝撃を与える



18. フィブリル化を促進④-3 ボールミル打撃試験



19. カーディングマシン

カーディングマシン

解繊と除去:

高速で回転するシリンダーとフラット（キャタピラ状）の針布間を通し、繊維を1本1本に分離して、小さなゴミや短い繊維を除去。

配向と整列:

繊維の向きを揃え梳綿処理をする



竹繊維の特徴

- 竹の繊維はまっすぐで滑りやすく絡みにくい
- 静電気が起きにくい→絡みづらい

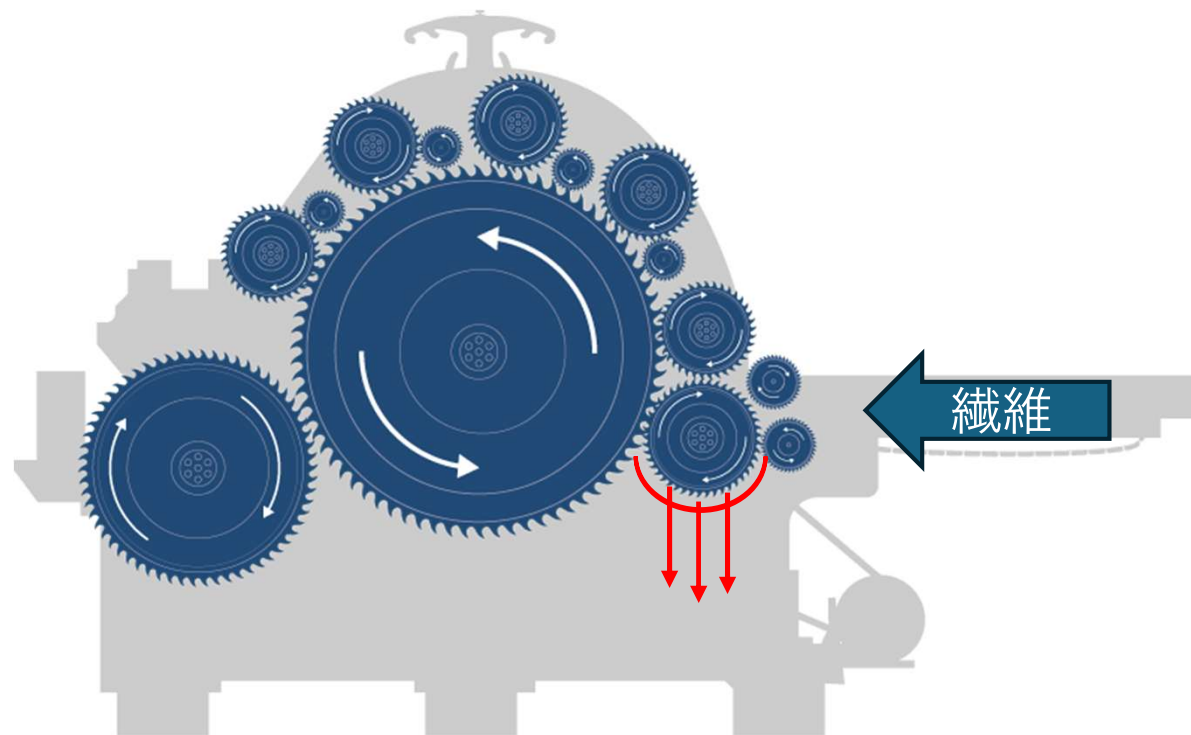


20. 竹繊維専用に改良したカーディングマシン

竹繊維専用のカーディングマシンに改良

理由

- 竹の繊維はまっすぐで滑りやすく繊維が絡みにくい
- 最初のローラーに絡まないで落ちる歩留りが悪い
- 機材修理と追加をすることで絡まなかった繊維を再度掬い上げることが可能になった



21. 紡糸の仕組み・紡糸テスト結果

紡糸の仕組み

数センチ程度の短い繊維を機械的な工程で引き伸ばし、撚りをかけることで、連続した1本の糸にする技術。「引き伸ばし（ドラフト）」、「撚りかけ（ツイスト）」、「巻き取り」の3つの基本要素で構成。



紡糸テスト結果

紡糸実験を開始したが、毛糸レベルの太さであり、竹繊維が大変滑りやすくムラができやすいため、梳綿処理や精紡処理に今後更なる工夫が必要。

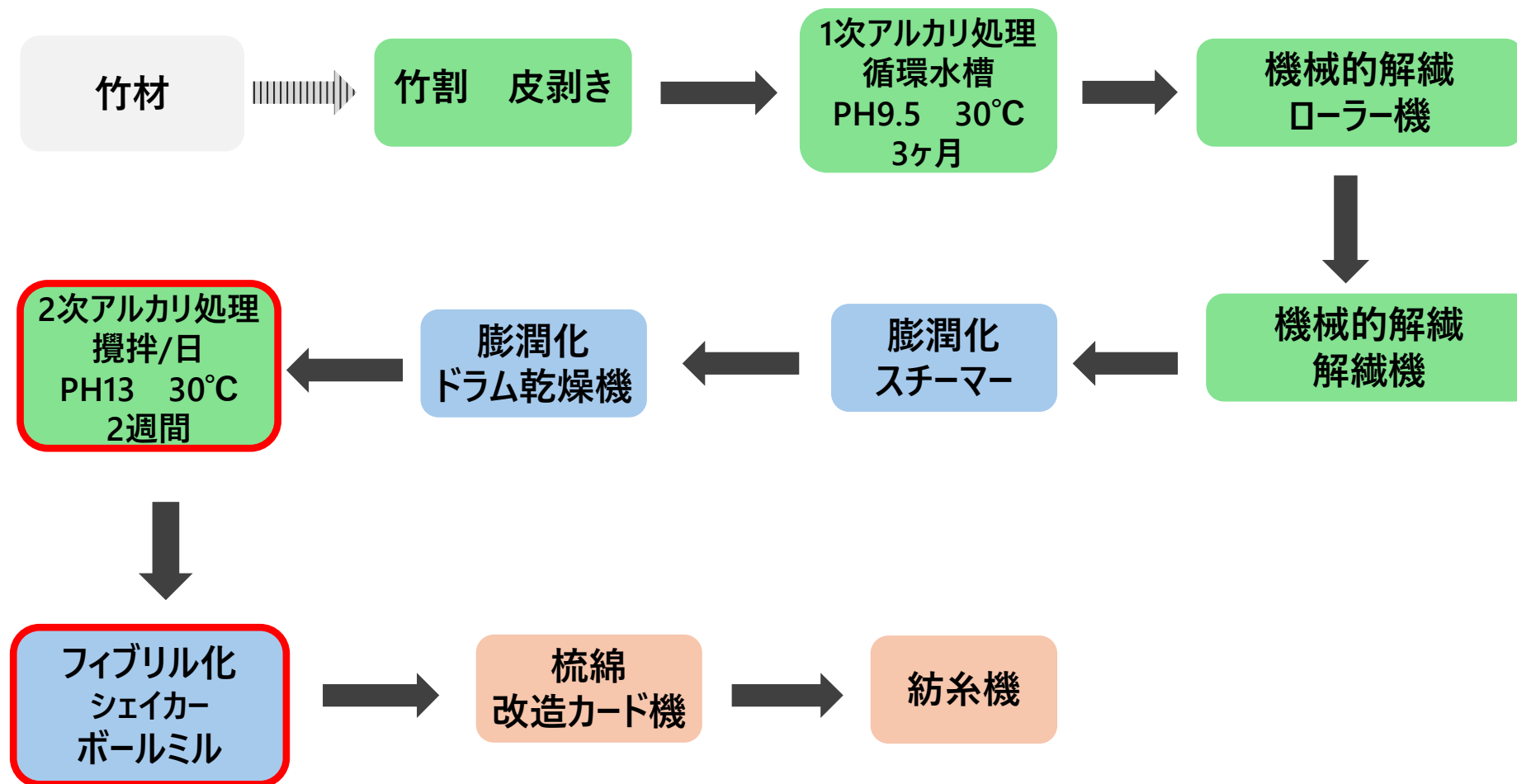
繊維の柔らかさの指標



左側は「硬い」、右側は「柔らかい」

ハード ↔ ソフトの度合いを求す

22. 全行程フロー（ラボ）



23. 製造コスト削減：バンブーレーヨンやその他繊維と比較

- **化学薬品代（100%削減可能）**：レーヨン製法（ビスコース法）に必須の化学薬品を使用しない為、これらの薬剤費が削減。
- **廃液・環境対策コスト（大幅削減）**：有毒物質の回収・中和設備や、大気汚染を防ぐための設備を削減。
- **付加価値**：非レーヨン製法は竹本来の抗菌物質等の天然成分を保持している可能性が高く「高付加価値化による利益率向上」が見込める。
- **カスケード利用**：1つの竹材から「抗菌成分」や「抗酸化成分」と「繊維」を生むため、繊維単体での製造コストを削減することが可能。

【結論：コスト削減イメージ】

化学薬品と廃液処理に関連する固定・変動費を約30%以上削減できる。
そのためにも今後の課題としては、より詳細な最適条件を確立することが鍵となる。



24. まとめ



非レーヨン系竹繊維を開発・製造することで、放置竹林の活用、持続可能な環境資材の供給体制を構築する事できる。繊維製造に留まらず、竹材を余すことなく使い切るカスケード利用方式を促進する事で高付加価値のついた、生活用品、さらには需要が拡大する産業用環境資材まで、多段階の製品ポートフォリオを展開する事が可能となる。未利用資源であった竹を有益な素材へと転換し、地域発のグローバルなグリーン産業としてのスケールメリットを追求することができる。

非レーヨン系竹綿糸の国産生産プロセス技術の開発・実証

- 国産竹を原料に、製造時に化学薬品を一切用いない、環境負荷の少ない綿糸の製造を目指す。
- 竹単繊維を極細形状に解繊するとともに、紡糸に適した綿状の単繊維団塊に加工する技術を開発する。

開発・実証内容

① セルロース繊維の取り出し

分割した竹材を、自然由来のアルカリ液に加熱浸漬させることで、セルロース繊維を取り出す試験を実施する。

② 綿状の単繊維団塊の作成

機械的処理による解繊と高温スチーム処理による単繊維の膨潤化、打撃式粉砕機による叩解・フィブリル化を経て、ロータリー式カード機で方向が揃った綿状のセルロース繊維団塊を作成する。

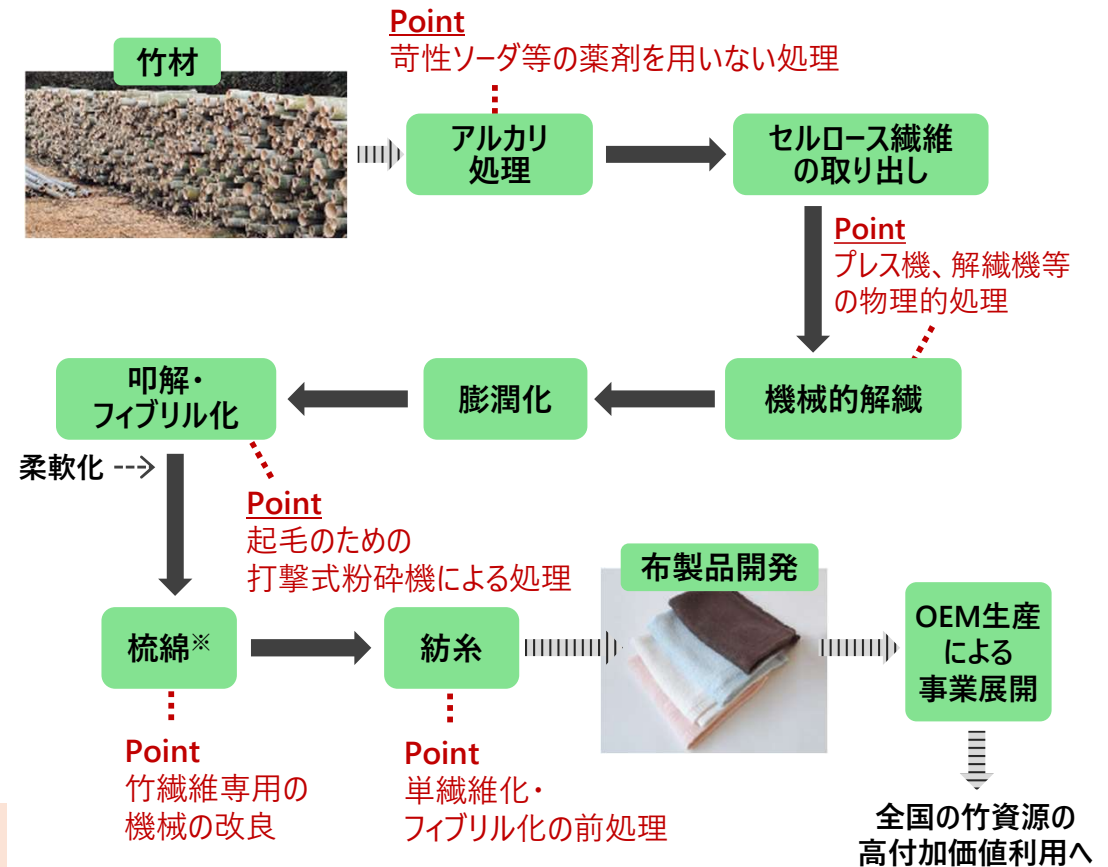
③ 試作品の製造・評価

顕微鏡による単繊維フィブリル化の分析・評価、ミニ電動紡糸機による紡糸試験及び試作品の製造・評価を実施する。

期待される事業効果

- 国産竹の高付加価値製品を開発し、竹資源の利活用を促進することで、国内の**放置竹林の問題**や**山村地域の活性化**に貢献

竹繊維の紡糸工程と開発のポイント



※梳綿（そめん・りゆうめん）・・・採取した繊維を櫛で均して、繊維方向が揃った綿状の塊にする作業

実施主体：エシカルバンブー(株)