

竹セルロース化方法と有効利用の検討

日大生産工（院）

○江村 和朗

日大生産工

高橋 岩仁

道都大学

大沢 吉範

1. 序文

近年、竹の繁茂・拡大により「竹公害」が問題となっている。また、竹は驚異的な成長力をまかなう為にあらゆる部位に独特な有効成分や機能性を内包した特性を持つ有効な資源でもある。さらに、竹林が持つマイナス面を軽減するため、放置竹林を整備して維持・管理したり有効利用したりすることを目指して活動しているボランティア団体が全国各地で増えている。ここで、竹繊維の最大引張強さは 3000kgf/cm^2 であり、 $1300\text{kgf/cm}^2 \sim 1400\text{kgf/cm}^2$ である広葉樹や針葉樹と比べると強度が強く、丈夫であるといえる。また、様々な商品に使用されている綿繊維、ポリエステル繊維の引張強さはそれぞれ 4800kgf/cm^2 、 5200kgf/cm^2 と竹繊維の引張強さに近いことから、竹繊維も多くの分野で有効利用が可能であると考えられる⁽¹⁾。

本研究は、竹繊維の分離技術を確認し、その有効利用方法の1つとして屋上緑化基盤材への検討を行った。

特にここでは、①植生状態の観測②根張りの深さ③団粒化促進の向上④基盤材の軽量化と運搬の利便性などから屋上緑化基盤材としての有用性について検討した。

2 竹繊維の作製および選定

2.1 竹繊維の作製

竹繊維の作製は、水を媒体とした高温・高圧状態にしたイオン積の変化を用いて竹繊維の分離を行なった。写真-1に高温・高圧処理装置を示す。高温・高圧処理装置内に竹15gと純水200mlを投入

した。また、処理温度は $200 \sim 250^\circ\text{C}$ で 10°C ごとに設定し、繊維化するための最適条件を求めた。なお、反応時間は10分間とした。

繊維の選定方法は、処理後の竹を視的観測、針入度試験により検討した。さらに、選定した竹繊維を用いて引張試験を行い、竹繊維の強度を測定した。引張試験方法は、断面の直径が 0.5mm 、長さ 10cm の竹繊維を10本選定し、デジタルフォースゲージを用いて行い、その平均値から求めた。

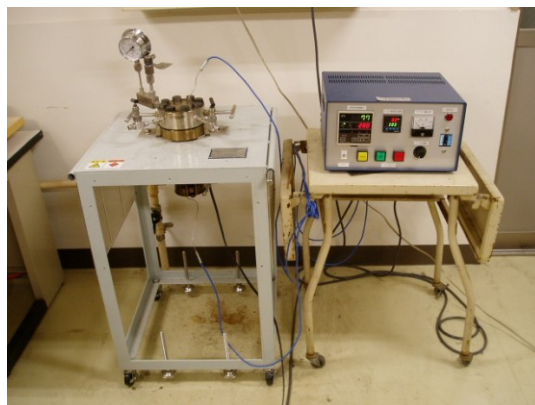


写真-1 高温・高圧処理装置



写真-2 処理後の竹

Examination on Method and Utilization of Bamboo Cellulose.

Kazuaki EMURA, Iwahito TAKAHASHI and Yoshinori OHSAWA

2.2 竹繊維の選定

写真-2に処理後の竹の状態、表-1に針入度試験の結果を示す。

まず写真-2から、240℃、250℃で処理した竹は炭化しており、繊維質の崩壊が確認された。このことは、表-1の針入度試験の結果からも同様なことがいえる。そこで240℃、250℃での処理を選定条件から除外し、200～230℃で処理した竹の繊維化を図った。写真-3に繊維化した竹の状態を示す。

これより、220℃、230℃で処理した竹は繊維化した際、繊維質の崩壊が確認された。また、200℃では処理が不十分で竹繊維の一部が結合しており、繊維質のみの採取が困難であった。それに対し、210℃では繊維質の崩壊が見られず、また採取が容易であったため210℃で処理した竹繊維を試料として用いた。表-2に210℃で処理した竹の性状変化を示す。

これより、処理前と処理後で断面積、長さに変化は見られないが、重量、比重に大きな差が現れた。この減少から、竹を構成するリグニンなどが分離し繊維質のみ取り出せたといえる。なお、この竹繊維の引張強さは平均864kgf/cm²と一般的な竹繊維の引張強さよりも劣っていた。原因としては、繊維質を採取しやすい処理温度で選定したためである。実際に、200℃で処理をした同じ太さの繊維では、約2000kgf/cm²の引張強さを計測した。しかし、今回は団粒化促進の向上を目的として基盤材に混入するため問題ないといえる。

3. 基盤材への利用による検討

3.1 基盤材の使用試料および配合比

表-3 に基盤材の配合比を示す。なお、基盤材Ⅰは竹繊維を有効利用したもので、今回緑化に用いたものである。それに対し、基盤材Ⅱ・Ⅲは基盤材Ⅰとの重量比較をするため、木炭と竹炭を使用した基盤材を用意した。

基盤材Ⅰに用いた試料はコンポスト汚泥、上水汚泥、軽石、竹繊維である。まず、上水汚泥とは上水

表-1 針入度試験

	未処理	200℃	210℃	220℃	230℃	240℃	250℃
針入度 (mm)	0.1未満	0.2	0.4	0.6	0.9	1.4	1.5

写真-3 繊維化した竹

表-2 竹の性状変化

	断面積 (mm ²)	長さ (mm)	重量 (g)	比重 (g/cm ³)
処理前	129.91	100.60	13.607	1.040
処理後 (210℃)	129.91	100.60	4.144	0.317
竹繊維 一本当たり (210℃)	0.196	100.60	0.008	0.302

表-3 基盤材の配合比

	上水	コンポスト	軽石	竹繊維(210℃)	木炭	竹炭
基盤材Ⅰ	2	4	2	2		
基盤材Ⅱ	4	4			2	
基盤材Ⅲ		5				5

表-4 Case 別の表層度の割合

	基盤材	表層土	
		上水	コンポスト
Case1	100%	0%	0%
Case2	75%	0%	25%
Case3	50%	0%	50%
Case4	75%	25%	0%
Case5	50%	50%	0%

処理過程で発生する発生土であり、養分の量は少ないが、長期的に見ると遅効的な養分供給が可能である。次にコンポスト汚泥とは、衛生面、安全

面、肥効性などを満足させるため、下水汚泥を好気性発酵処理したものであり、肥分値は高い。竹繊維は基盤の軽量化、さらに土壤団粒化の促進材として使用した。軽石は細孔構造になっており、軽量化と土壤改質材を目的に使用した。なお基盤材には飛散防止、雨滴衝撃による侵食防止、さらに基盤材相互の粘着力を高めるために、コンニャク製造時の廃棄物、トビ粉を植物性粘着材として基盤材容量 1000ml 当たり 15 g 混入した。これらを混合し、さらに、運搬の便利性を考慮し、9mm 厚の木枠に入れ、150kg で圧縮し板状とした。なおこの土壤の硬度指数は一般的に良好な植生になるといわれている範囲の 15～19mm となるように設定した。

今回はさらに圧縮固化により、根張りが困難であると予想されたため、初期の根張りを考慮し、基盤材の上に表層土としてコンポスト汚泥と上水汚泥を用いた。その割合を表-4 に示す。

3.2 緑化方法

緑化方法は、2011年7月8日に圧縮基盤材を木枠に入れ、その上にコウライシバを芝付けした。木枠の底部には水はけ用の孔(20mm)を1つの木枠当たり4個開け、さらに、水はけを良好にするために、コンクリート面と木枠設置部分の間にヤシ殻マットを敷いた。

なお灌水は毎日散水することを基本とし、降雨があれば散水を行わないこととした。

3.3 実験方法および測定項目

実験は各Caseの植生状態の視的観測、基盤材断面の観測を行い、最適条件を検討した。さらに、基盤材の軽量化を図るため、基盤材Ⅰ～Ⅲの重量を測定し、比較検討した。

まず、視的観測は、季節変化に伴う植生状態を定期的に観測した。次に基盤材断面は、施工6カ月後の基盤材を切断し、切断面の観測から根張りの状態について検討した。また、断面硬度の計測も行なっ

た。最後に基盤材の軽量化の比較は、今回用いた基盤材Ⅰと過去に良好な植生が確認されている基盤材Ⅱ・Ⅲとの重量を比較し、軽量化について検討した。

4. 実験結果

4.1 視的観測による植生状態の検討

写真-4に各Caseの植生状態の経月変化を示す。

Case1,4,5の芝は観測開始から植生が良好であり、更根付きも良かった。特に、Case1は表層土を用いていないため、土壤硬度が高く根付きが悪いと思われたが、根付きも良く植生状態は良好であった。それに対してCase2,3の芝は、施工後1ヶ月頃まで植生が悪く枯れる箇所が確認された。2ヶ月が過ぎた頃からは、枯れていた箇所もほぼなくなったもののCase1,4,5比べ全体的に葉丈などが短かった。したがって、表層土にコンポスト汚泥を用いたCase2,3は他のCaseに比べ良好ではなく、コンポスト汚泥が植生を阻害している可能性があるといえる。これは、表層土に栄養化の高いコンポスト汚泥を用いているためである。

7月 8月 9月 10月



Case1



Case2



Case3



Case4



Case5

写真-4 植生状態の経月変化

そのため、根張りが表面の浅いところとまっており、地中下部から水分を摂取できず、水分不足になったことが原因であると考えられる。

4.2 基盤材断面の検討

写真-5に各Caseの基盤材断面、表-5に各Caseの土壌断面硬度を示す。

写真-5からCase1,4,5の基盤材が膨張していることが分かる。さらに表-5よりCase1,4,5の基盤材の硬度が軟らかくなっている。これは、団粒化が促進され根張りが深く、さらに圧縮した基盤材が水を吸収したことが要因といえ、植生に良好な影響を与えた。それに対しCase2,3は根張りが上方に集中しており、底まで根が達していない。この結果は植生状態の結果と一致しており、やはり根張りの状態が植生に影響を与えているといえる。

4.3 基盤材軽量化の検討

基盤材Ⅰ～Ⅲの1cm³当たりの単位体積重量を表-6に示す。本研究で使用した竹繊維を主とした基盤材Ⅰは木炭を主とした基盤材Ⅱより約14%、また竹炭を主とした基盤材Ⅲより約13%軽量化された。以上の結果から軽石、竹繊維を混合することによって効率良く軽量化することができた。なお、芝などによる平面的緑化では、上載荷重が100kgf/m²以下が望ましいといわれており、今回用いた基盤材Ⅰは57kgf/m²とほぼ40%の軽減ができた。

5. まとめ

本研究は、竹繊維の分離技術を確立し、その有効利用方法の1つとして屋上緑化基盤材への検討を行った。その結果、以下の知見を得た。

- 1). 竹繊維の分離方法は210℃による処理が炭化しておらず繊維が残り、最も効率的に繊維化を行うことができた。
- 2). 植生状態では差はあるものの良好な経過が観測することができた。
- 3). 根付きの深さと団粒化の検討では、Case1, 4, 5で根張りが深く、初期の硬度より軟らかくなっていた。このことから空

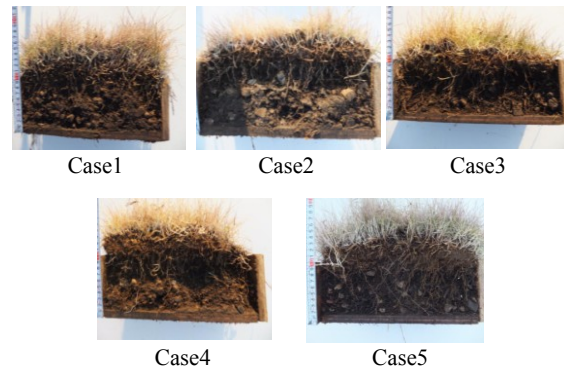


写真-5 各 Case の基盤材断面

表-5 各 Case の土壌断面硬度

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
上部(mm)	8	14	15	12	10
中部(mm)	10	16	16	12	13
下部(mm)	10	14	16	10	12
平均(mm)	9.3	14.7	15.7	11.3	11.7

表-6 基盤材の重量比較

	単位体積重量(g/cm ³)
基盤材Ⅰ	0.74
基盤材Ⅱ	0.86
基盤材Ⅲ	0.85

隙が多くなり団粒化が促進されていることが確認された。

- 4). 表層土にコンポスト汚泥を用いると根張りが浅く、水分不足といえる植生への影響が見られた。
- 5). 単位体積重量の測定結果から、今回用いた基盤材の軽量化が確認できた。なお、圧縮することで運搬の利便性の向上も図れた。

以上のことから今回行った利用方法では、屋上緑化基盤材への利用は良好なものとなったが、今後は実用化に向けて長期的な観測や検討が必要である。

さらに別の利用方法を模索し竹繊維を有効的に再利用できる方法の確立を図る。

参考文献

- (1) 天然ファイバーの引張強度と寸法との関係：張 敏、岸本 芳昌、川井 秀一、佐々木 光