

竹チップ炭の調湿性能（２）

竹チップ炭と破砕竹炭の部位別及び粒度別吸放湿性能比較

誌名	愛媛県林業研究センター研究報告 = Bulletin of the Ehime Forestry Research Center
ISSN	13489534
著者名	松岡,真悟
発行元	愛媛県農林水産研究所林業研究センター
巻/号	27号
巻号補足	
掲載ページ	p. 20-24
発行年月	2009年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



〈資料〉

竹チップ炭の調湿性能Ⅱ

－竹チップ炭と破碎竹炭の部位別及び粒度別吸放湿性能比較－

松岡真悟

Shingo MATSUOKA

前報（松岡、2009）に引き続き、竹チップの利用を検討するにあたり、竹チップ炭の調湿性能を調査した。前報では、700℃炭化の竹チップ炭に優位性が見いだされ、また、炭化温度や炭の種類がB値に影響しないことが判明したため、本報では700℃炭化物の吸放湿試験のみを実施し、竹チップ炭の部位別吸放湿試験及び、竹チップ炭と破碎竹炭の粒度別吸放湿試験を行った。その結果、吸放湿性能に期待した調湿材としての利用には、タケの葉部を含む全部位から採取した竹チップを（700度で）炭化し、その中でも目開き3mm程度以上の粒度の竹チップ炭を選別したものが最適と思われた。

キーワード － B値、吸放湿ヒステリシス、吸放湿性、竹チップ炭、竹炭

1. 緒言

竹資源の有効利用は、適正な竹林管理のために必要不可欠である。現在、農林水産省高度化事業「タケ資源の持続的利用のための竹林管理・供給システムの開発」（H17～21）が、（独）森林総合研究所を中核として愛媛県林業研究センターを含めた共同研究で進められており、この中の一部には、竹材をチップ化して供給するシステムの開発が設定されている。筆者は前報において、この竹チップ炭の調湿性能試験を行い、次の知見を得た。①竹チップ炭の吸放湿性能においては、炭化温度別では700℃炭化が高く、炭材の採取部位別では枝葉付き部よりも稈のみ部の方が高かった。②もうひとつの調湿性能の要素であるB値では、炭化の有無や炭化温度、採取部位に関係なく、試料量の違いにのみ左右された。③チップ状ではない小片状の竹炭との比較では、吸放湿性能及びB値が示す調湿性ともに、チップ炭の方が高い性能を示した。

この結果を受けて本報では、吸放湿性能において採取部位によって差があったことに注目し、700

℃炭化物の詳細な部位別吸放湿試験を実施した。また前報において、試料の形状（大きさ）がB値に影響を与えたことから、今回はチップの粒度にも着目し、粒度別竹チップ炭に併せて、粒度別破碎竹炭についても吸放湿試験を行い、さらには、その結果に応じて追加検証も実施した。

なお本研究は、林野庁林業普及情報活動システム化事業「竹材の多面的利用研究」（平成18～20年度）のなかで行った。

2. 材料及び方法

2.1 供試材料

2.1.1 竹チップの採取

竹チップは、平成17年9月に松山市東川町の竹林で伐採、チップ化され、屋内で自然乾燥されたもの（前報の竹チップ1に該当する）を使用した。

2.1.1.1 部位別吸放湿試験

採取した竹チップのうち、立竹上部の枝葉付き部のチップからは、枝部と葉部をそれぞれ選別し、立竹下部の稈のみ部のチップからは、4.75mm以上9.5mm未満（以後、大粒と称する）と2mm以上4.75

mm未満（以後、中小粒と称する）の2種類の粒度のチップを選別して、それぞれ炭化した。なお、無炭化のものも対照材として試験に供した。

2.1.1.2 粒度別吸放湿試験

採取した竹チップ及び、東温市田窪の林業技術センター緑化センター（名称当時）内竹林から平成13年に採取してあった竹材（1年生から6年生まで混在。松岡ら（2005）が用いた試験体のうち、竹炭A供した竹材に該当する）を使用し、竹チップは炭化後、後者については炭化後破碎を経て、4段階（4.75mm以上9.5mm未満、3mm以上4.75mm未満、2mm以上3mm未満、2mm未満：以後それぞれ大粒、中粒、小粒、細粒と称する）の粒度にふるい分けた。以後、竹チップを炭化したものを「竹チップ炭」、竹材を炭化後に破碎したものを「破碎竹炭」と称する。

2.1.2 炭化方法

炭化は前報と同様に、竹チップを磁性るつぼに入れ、（株）モトヤマ製温度制御機能付電気管状炉（ステンレス管内径103mm、加熱部長さ500mm）を用いて、昇温速度5℃/min、最高温度保持時間1時間後自然冷却にて700℃の最高温度で炭化した。なお、炭化時の雰囲気は、炭化直前にステンレス管内を窒素で満たしておき、その後は、ステンレス管両端の直径3.5mmの穴口からの自然排気にまかせた。

2.2 試験方法

2.2.1 部位別及び粒度別吸放湿試験

試験方法は前報と同様であり、飽和塩で湿度環境を調整したデシケータ内に乾量で約1gの試料を置き、温度環境20℃内にて、重量の経時変化を恒量となるまで測定した。恒量の時点を飽和吸湿ととらえ、飽和となるたびに次の順序でデシケータ間を移動させた。

段階1：相対湿度43%飽和(①)

段階2：相対湿度93%飽和(②)

段階3：相対湿度43%飽和(③)

なお、吸湿の単位はg/g（吸着量/全乾重量）で表し、ここで、

$$\text{有効吸湿量} = \text{②} - \text{①} \cdots A$$

$$\text{吸放湿ヒステリシス} = \text{③} - \text{①} \cdots B$$

$$B/A \text{の百分率} = \text{ヒステリシス率} [\%]$$

とした。

2.2.2 粒度別吸放湿追加試験（破碎竹炭のみ）

2.1.1.2で示した破碎竹炭を使用した粒度別吸放湿試験を実施した結果、破碎竹炭には、どの粒度においても破碎時に生じた竹炭微細粒が付着しており、それが吸放湿性能に影響していると推察された。このため、この竹炭微細粒を蒸留水で洗浄し除去した破碎竹炭を供し、改めて2.2.1に示す粒度別吸放湿試験を行った。

3. 結果と考察

部位別及び粒度別吸放湿試験の飽和吸湿量、有効吸湿量、吸放湿ヒステリシスについて、表－1に示す。

表－1 吸放湿試験結果

試験区分	試料	43%吸湿過程飽和吸湿量(①) [g/g]	93%吸湿過程飽和吸湿量(②) [g/g]	45%放湿過程飽和吸湿量(③) [g/g]	有効吸湿量(②-①=A) [g/g]	吸放湿ヒステリシス(③-①=B) [g/g]	ヒステリシス率(B/A) [%]
部位別	葉部チップ炭	0.0888	0.362	0.115	0.274	0.0258	9.4
	枝部チップ炭	0.0623	0.175	0.0898	0.113	0.0275	24.3
	大粒碎部チップ炭	0.0591	0.226	0.0994	0.167	0.0403	24.1
	中小粒碎部チップ炭	0.0554	0.198	0.0938	0.142	0.0384	27.0
	葉部チップ無炭化	0.0922	0.323	0.102	0.231	0.0093	4.0
	枝部チップ無炭化	0.0710	0.199	0.0940	0.128	0.0229	17.9
	大粒碎部チップ無炭化	0.0703	0.194	0.0887	0.124	0.0184	14.8
	中小粒碎部チップ無炭化	0.0716	0.194	0.0898	0.122	0.0182	14.9
粒度別	大粒碎部チップ炭	0.0756	0.232	0.0965	0.156	0.0209	13.4
	中粒碎部チップ炭	0.0669	0.211	0.0899	0.144	0.0229	15.9
	小粒碎部チップ炭	0.0669	0.204	0.0896	0.137	0.0227	16.5
	細粒碎部チップ炭	0.0630	0.192	0.0857	0.129	0.0227	17.6
	大粒破碎竹炭	0.0623	0.249	0.100	0.186	0.0379	20.3
	中粒破碎竹炭	0.0660	0.279	0.104	0.213	0.0385	18.1
	小粒破碎竹炭	0.0692	0.300	0.110	0.231	0.0408	17.7
	細粒破碎竹炭	0.0699	0.303	0.111	0.233	0.0411	17.7

前報及び本報では、吸放湿性能評価を有効吸湿量で表しているが、これは、実際の床下等での使用状況を考えて、低湿度ではあまり吸湿せず、高湿度でより吸湿することを期待しているためである。そのため、有効吸湿量と、各飽和段階での吸湿量との間では大小が一致せず、例えば部位別試験では、湿度93%における飽和吸湿量では、炭化物と無炭化物の間に大きな差はないが、湿度43%飽和吸湿量で無炭化物が炭化物よりも高いため、全体的に無炭化物の有効吸湿量が低くなっている例もある。また、粒度別試験においては、大粒稗部チップ炭のように、チップ炭の中で、湿度43%飽和吸湿量、湿度93%飽和吸湿量の双方で最も大きく、故に有効吸湿量も最高となっている例も存在する。

3.1 部位別及び粒度別吸放湿試験結果

3.1.1 部位別吸放湿試験結果

部位別吸放湿試験結果をあらためて図-1に示す。なお、棒グラフ上方の数字はそれぞれのヒステリシス率[%]を示す。

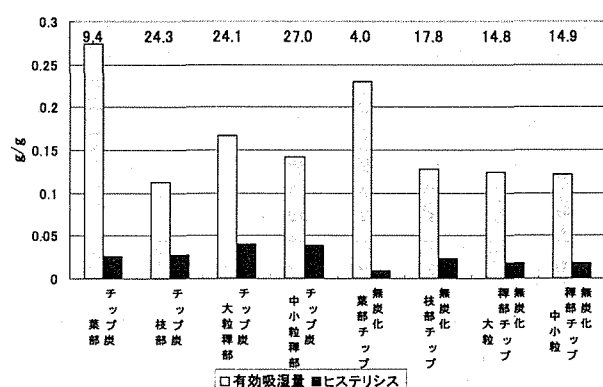


図-1 部位別吸放湿試験結果

炭化の有無によらず、葉部で最も有効吸湿量が高く、吸放湿ヒステリシスが小さい結果となった。これは、葉部は薄く広いため、表面積の大きさが多分に影響したものと思われる。一方、枝部に関しては、他の部位では炭化物の方で無炭化物よりも有効吸湿量が高いにも関わらず、枝部チップ炭では無炭化枝部チップよりも有効吸湿量が低くなっている。これは葉部とは逆に、枝部では、チップ

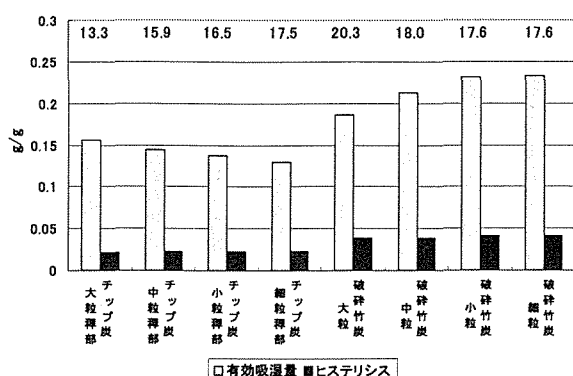
化の際に長さ方向には寸断されるが、それ以上は砕かれていないため、表面の凹凸が少なく、表面積が小さかったことに由来すると思われる。前報での竹チップ1の700℃炭化物の有効吸湿量は、枝葉付き部で0.114g/g、稗のみ部で0.132g/gであり、枝葉付き部のほうが低い結果であったが、これは、有効吸湿量が高い葉部と低い枝部で相殺された結果と思われる。次に、稗部チップに注目してみると、無炭化では粒度による差が無いが、炭化物では粒度が大きい方で有効吸湿量が高くなっている。このことの詳細は後述するが、改めて炭化の有無の比較について見ると、粒度にかかわらず、炭化物のほうが有効吸湿量が高くなっており、また、吸放湿ヒステリシスも大きくなっている。ヒステリシスが大きいことは、調湿性能にとってマイナスであるが、ヒステリシス率を見ても、稗部チップ炭の平均で25.5%、稗部チップ無炭化の平均で14.8%と差が大きい。無炭化材の調湿材として利用は、カビ発生などの観点から避けるべきものではあることは前報でも述べたところであるが、この結果を踏まえると、竹チップ炭のヒステリシス率を減少させることは重要であり、そのため、稗部のみの単独使用ではなく、ヒステリシス率が低い葉部との混合利用が効果的であると思われる。

そもそも、水分を材料の細孔奥部まで取り込む物質では、取り込んだ水分を放湿し難く、ヒステリシス率が高くなる。枝部を除いた炭化物において、一様に無炭化物よりも有効吸湿量が高く、すべての炭化物においてヒステリシス率が高いことは、無炭化物では材表面での水分吸着が多く、炭化物では細孔への吸着が多いことが原因と考えられる。

3.1.2 粒度別吸放湿試験結果

粒度別吸放湿試験結果を図-2に示す。なお、上方の数字はそれぞれのヒステリシス率[%]を示す。

部位別吸放湿試験と粒度別吸放湿試験とは、稗部チップ炭が共通項であるが、部位別では2段



図－2 粒度別吸放湿試験結果

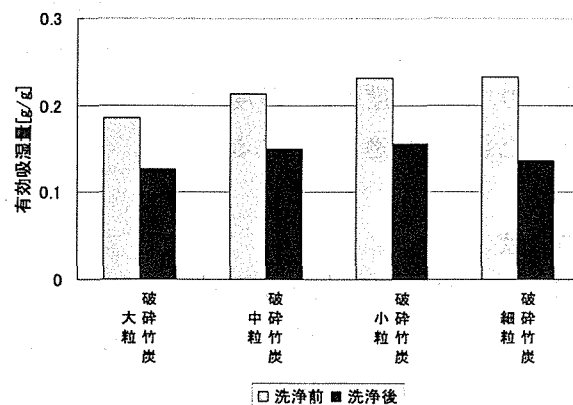
階にふるい分けしていたのに対して粒度別では4段階に細分化している。さらに、ふるい分けの時期が部位別では炭化前であり粒度別では炭化後であるところが相違点として挙げられる。部位別の稈のみ部チップ炭と粒度別の稈のみ部チップ炭の双方を全体的に比較すると、有効吸湿量では両者とも0.15g/g前後であり近似しているが、ヒステリシス率では部位別試験時で25%前後、粒度別試験時で15%前後と大きな開きがある。確かに、ふるい分けが炭化の前か後かによって、双方の粒度には差があるが、この原因は、材料の違いよりも、試験にそれぞれ別のデシケータを用いたことで起こるデシケータ内環境の違い（デシケータ内に存在する試料の量や質の違い）によるもの大きいと思われる。ただし、デシケータ内の各飽和段階における最終的な相対湿度には両者に差が無く、また、今回の試験は比較試験であるため、この点については今後の研究にゆだねることとしたい。

粒度別試験結果を全体的に見ると、稈チップ炭よりも破碎竹炭の方で有効吸湿量及びヒステリシス率が高い傾向にある。また、有効吸湿量では、稈チップ炭では粒度が小さいほど小さくなり、破碎竹炭では粒度が小さいほど大きくなる傾向が確認された。この理由としては、破碎竹炭には、破碎時に発生した微細竹炭が、どの粒度のものにも表面に付着しているためと考えられた。

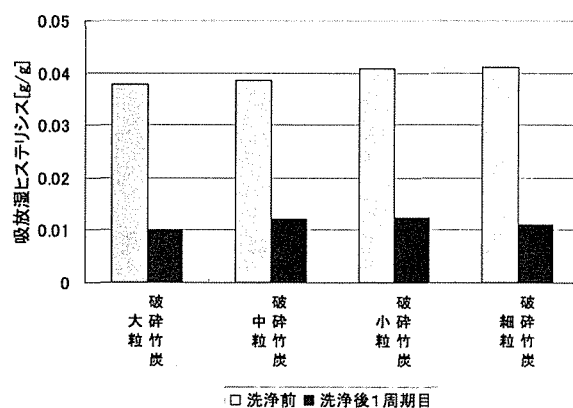
3.2 粒度別吸放湿追加試験（破碎竹炭のみ）結果

洗浄して微細粒を除去した破碎竹炭の、洗浄前

後の有効吸湿量を図－3に、吸放湿ヒステリシスを図－4に示す。



図－3 破碎竹炭の洗浄前後の有効吸湿量



図－4 破碎竹炭の洗浄前後の吸放湿ヒステリシス

竹炭を破碎する際に発生する微細粒を洗浄することで有効吸湿量が減少し、その減少率は、最も微細粉が多く含まれていた小粒竹炭で最も大きかった。また、微細粒の除去により、吸放湿ヒステリシスの大幅な減少も確認されたことから、竹炭破碎時に発生する微細粒は、大きな吸湿力を持ちながらも、逆に放湿し難い性質にあることが考えられる。この性質は、乾燥剤には適するが調湿材には適さないものである。なお、炭粒の洗浄には、その後の乾燥作業も伴うため効率が悪く、また、微細粒の存在は、汚れを主要原因として、もっぱら取り扱い時の環境を悪化させる。

4. 結言

以上のように、部位別及び粒度別吸放湿試験の結果をふまえると、吸放湿性能に期待した調湿材としての利用には、タケの葉を含む全部位から採取した竹チップを700度で炭化し、(目開き3mm未満程度の)ある程度小さな粒度の竹チップ炭を取り除いたものが最適と思われる。

参考文献

- 松岡真悟・豊田信行・得居輝(2005) 調湿材としての竹炭の製造方法と性能. 愛媛県林業技術センター研究報告 23:1-10.
- 松岡真悟(2009) 竹チップ炭の調湿性能Ⅰー竹チップ炭及び各種木竹炭の炭化温度別吸放湿性能及びB値ー. 愛媛県林業研究センター研究報告 27:14-19