

# 食品の流通・保存環境を改善する竹炭利用技術の開発

小幡 透\*, 山之内清竜\*

## The Directions of the Bamboo Charcoal for Improving Distribution and Preservation Environment of Foods

Toru OBATA and Kiyotatsu YAMANOUCHI

竹炭が持つ調湿・吸着性能を利用した、適度な湿度を必要とする食品の流通および保存環境の改善について検討した。炭化温度別竹炭の様々な温湿度における平衡含水率を求めることにより、温湿度変化による竹炭の吸放湿性能が明らかになった。また、ガス吸着試験では窒素ガス基質の環境において空気雰囲気よりも優れた吸着性能が見られたことから、窒素置換された食品の保存環境の改善にも利用できることが示唆された。さらに竹炭を用いたカビ抑制試験においても、竹炭存在下でカビの発生が抑制されることが確認でき、竹炭を食品の流通・保存環境の改善に利用できる可能性がある。

**Keyword** : 竹炭, 流通・保存環境, 平衡含水率, ガス吸着, カビ抑制効果

### 1. 緒言

竹炭や木炭のような炭化物は吸放湿や吸着性能に優れたバイオマス炭であり、これまで様々な用途開発が行われてきた。最近では炭化物に放射性物質を吸着させる研究も行われており<sup>1)2)</sup>, その効果等については注目されるどころであるが、現段階では燃料や土壌改良材としての利用がほとんどである。

鹿児島県においては、約160km<sup>2</sup>と全国一の竹林面積を誇っているが、放置竹林等の未利用竹材の有効利用が急務となっており、竹林資源の活用については県の施策にも挙げられている。著者らは未利用竹材の有効利用として、モウソウチクを炭化して竹炭を製造し、得られた竹炭を原料とした竹炭ボードを開発し特許も取得した<sup>3)4)</sup>が、まだ実用化には至っていないのが現状である。

ところで、食品の輸送においては、食品から発生する水分が原因で輸送中に劣化や腐敗により食品が傷むという事例が見られている。このような場合、雰囲気中の水分を除去すれば劣化や腐敗は抑制されることが考えられる。脱水剤としては一般的にシリカゲルや活性炭が用いられている。これらは吸水・吸着性に優れているが、室温における脱着力は乏しいのが特徴である。一方、竹炭や木炭は調湿性能を持つことが知られており、水分の吸着・脱着を繰り返し行うことができるのが特徴である。食品の鮮度を保つためにはある程度の水分が必要なものも数多くあり、これらの鮮度保持には吸脱着特性を持つ竹炭を利用することが可能であると考えられる。

そこで本研究では、竹炭の用途拡大を図るために竹炭が

持つ調湿・吸着等の特性を利用して、食品の流通および保存時の環境をコントロールすることにより、保存性を向上する技術の開発を目的とする。

### 2. 実験方法

#### 2. 1 竹炭の製造

5年生以上の鹿児島県産のモウソウチクを電気加熱式炭化炉(内容積約400ml)により窒素雰囲気下で炭化した。炭化条件は以下のとおりである。

窒素流量: 約100ml/min

昇温速度: 3℃/min

炭化温度: 400, 500, 600, 700, 800, 900℃

炭化時間: 3時間(炭化温度に達してからその温度を保持する時間)

#### 2. 2 竹炭の吸放湿試験

試料は前項で得られた炭化温度400~900℃の竹炭をそれぞれ振動ミルで粉碎し、105℃で乾燥させた絶乾状態のものを使用した。これらの竹炭を秤量瓶に約1g量り取り、小型恒温恒湿器(タバイエスペック(株)製LHU-112)内に静置し、各温湿度における平衡重量を測定することにより竹炭の含水率を求めた。

#### 2. 3 ガス吸着試験

本研究では空気および窒素雰囲気の低湿状態と高湿状態での吸着試験を行った。まず、吸着ガスを調製するための基質ガスを調製した。調整方法の概要を図1に示す。乾燥ガスは、空気または窒素ボンベのガスを直接用いた。湿潤ガスは、空気または窒素ボンベから供給されるガスを2つに分岐し、一方を容器内に充填した超純水内に通気し、容器上部に生成した湿潤ガスと分岐したもう一方の乾燥ガス

\*地域資源部

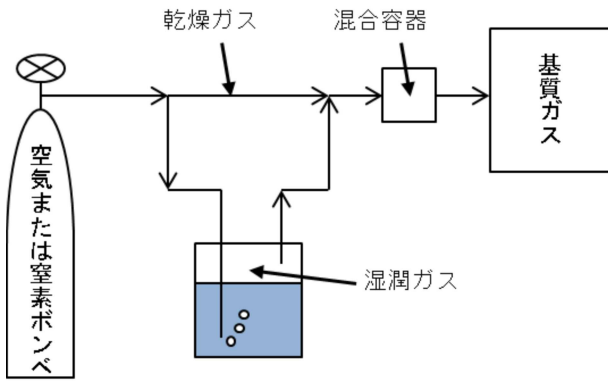


図1 吸着ガス用基質ガスの調製

を混合して基質ガスを調製した。その際、分岐した2つのラインの流量を制御することで湿度を調整した。このようにして得られた基質ガスに、規定量のアンモニア溶液または酢酸をマイクロシリンジで添加して気化させることにより吸着ガスを調製した。エチレンガスについては、プッシュ缶式エチレンガスボンベからガス採取用シリンジで規定量を分取して添加することにより調製した。次に、テドラーバッグ法で吸着試験を行うために、竹炭を容積約10Lのテドラーバッグ内に封入・脱気し、これにあらかじめ調製した前述の吸着ガスを約10L導入し、試料に吸着させた。濃度の経時変化をガス検知管((株)ガステック製気体検知管)で測定することによりガス吸着性能を評価した。

## 2.4 竹炭によるカビ抑制試験

新鮮なイチゴ5個を静置したシャーレを、塩化ビニル板の上に設置し、これに一辺15cmの塩化ビニル製の箱をかぶせ、さらに竹炭を箱内に一緒に設置したものを試験区、竹炭がないものを対照区とした。竹炭は800℃で炭化したものを数mm程度に粉碎した粒状竹炭を5g用いた。これらを20℃、25℃および室温の各環境に設置し(20、25℃は恒温器内に設置、室温のものは実験台上に設置、温度は15~25℃くらいで変動)、竹炭の有無によるイチゴへのカビ発生状況を目視により観察した。

## 3. 結果および考察

### 3.1 炭化温度別竹炭の吸放湿試験

小型恒温恒湿器の温度を10, 20, 30, 40, 50℃、相対湿度を50, 60, 70, 80, 90%に変化させ、各温湿度における炭化温度別竹炭の重量を測定することにより、竹炭の平衡含水率を求めた。炭化温度別の温度-相対湿度-平衡含水率の関係を図2、各炭化温度の結果を比較した温度-相対湿度-平衡含水率の関係を図3に示す。炭化温度700℃以上の竹炭において低温高湿時に平衡含水率が低くなったが、それ以外の条件では各炭化温度において低温または高湿時に平衡含水率が高くなる傾向が見られた。また、温度、湿度に関わらず炭化温度の高い竹炭のほうが平衡含水率は高くなり、高温で炭化することにより細孔が発達し、より多くの

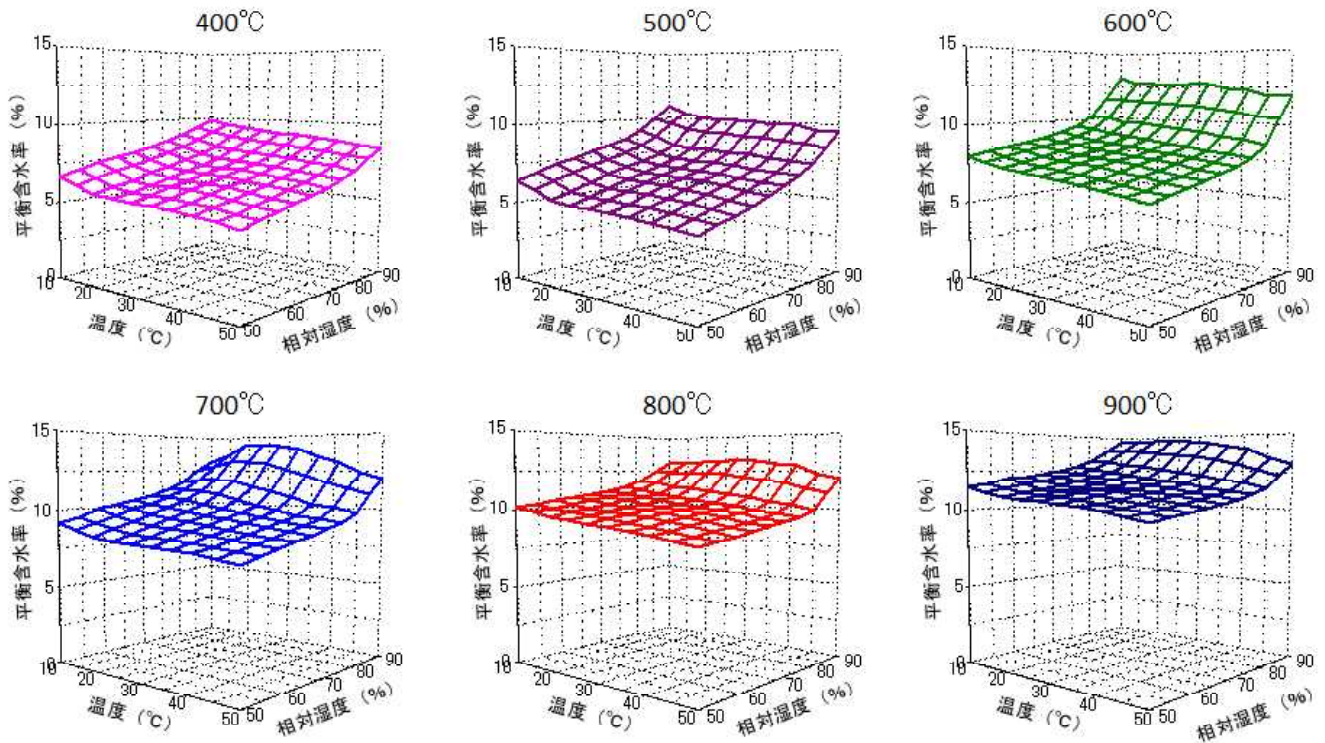


図2 竹炭の各温湿度における平衡含水率(炭化温度別)

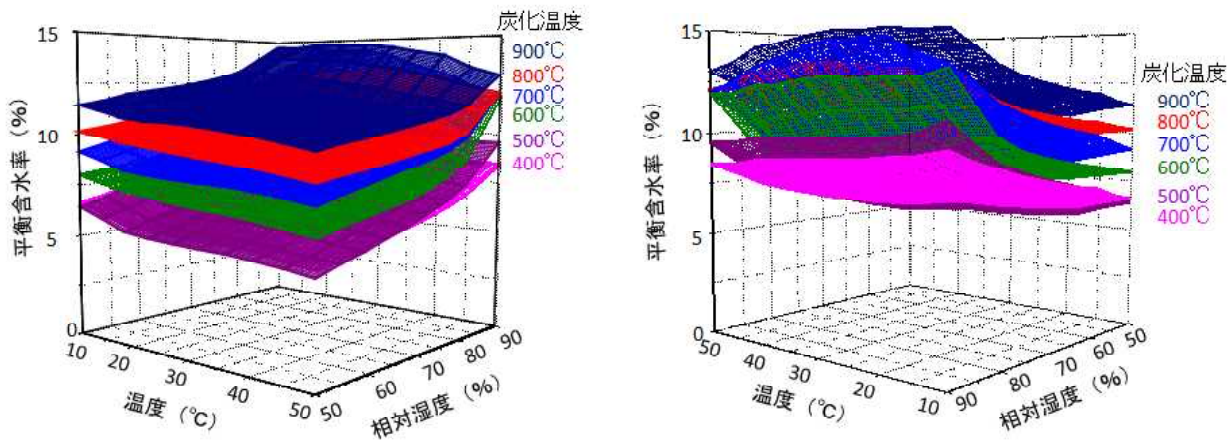


図3 竹炭の温度－相対湿度－平衡含水率関係図（左：高温低湿側から見た図，右：低温高湿側から見た図）

水蒸気が吸着したことが示唆された。炭化温度600℃以上で特に相対湿度80%以上の高湿度時に平衡含水率の増加が大きくなっており、飽和蒸気圧が高くなると毛細管現象により細孔の奥の方まで水蒸気が入り込み、吸着量が多くなることが示唆された。この現象が600℃以上で見られたのは、炭化物は600～700℃くらいでその構造が大きく変化し始め、細孔が発達してくると言われていることが起因していると考えられる。

### 3. 2 ガス吸着試験

食品から発生するガスは、腐敗臭、発酵等により生じる酸臭、成長ガスなどが挙げられる。代表的な腐敗臭にはトリメチルアミンがあり、塩基性を呈する。また、成長ガスはエチレンが有名であり、ほとんどの食品の成長を促進する働きがある。本研究では、塩基性ガスの代表としてアンモニア、酸性ガスの代表として酢酸、成長ガスであるエチレンについて、それぞれ竹炭への吸着試験を行った。

まず、乾燥空気、湿潤空気、乾燥窒素、湿潤窒素をベースとした初期濃度20ppmのアンモニアガスを用いて、竹炭1gへの吸着試験を行った。結果を図4に示す。なお、このときの吸着ガスの初期湿度は、乾燥ガスが15%RH、湿潤

ガスが75%RHであった。空気、窒素ともに乾燥状態のほうが湿潤状態よりも吸着速度が大きく、水分がガス吸着の阻害因子になっていることが示唆された。また、空気と窒素では、窒素基質のほうが吸着速度が大きくなり、窒素封入された食品にも吸着材としての応用が期待できる結果が得られた。窒素基質のほうは窒素単体であるのに対し、空気基質は窒素・酸素・二酸化炭素・アルゴン等の混合ガスで

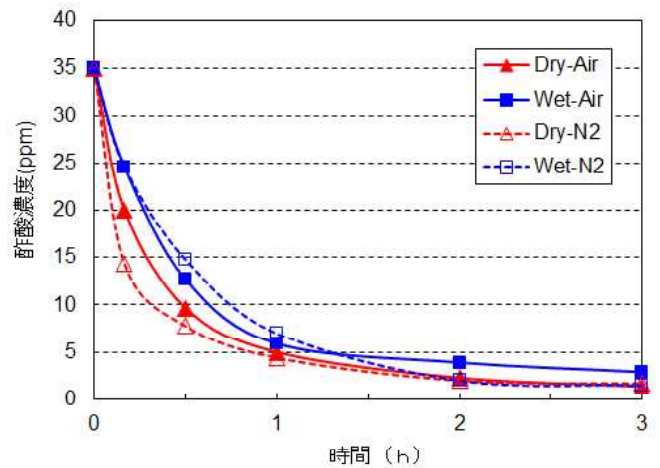


図5 酢酸吸着試験

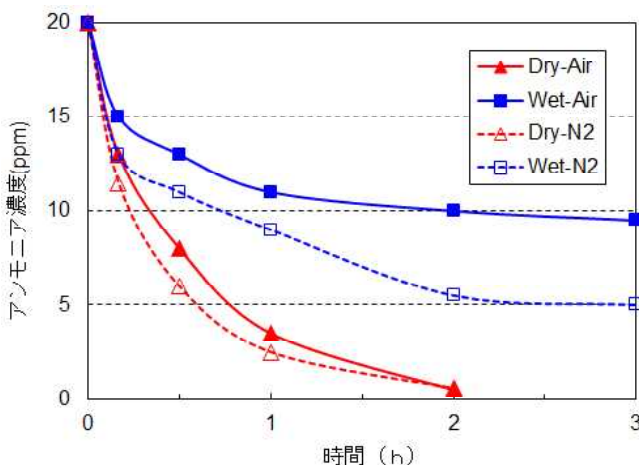


図4 アンモニア吸着試験

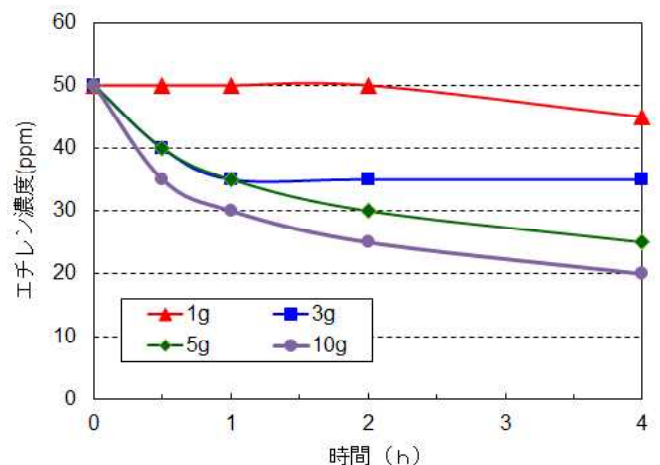


図6 エチレン吸着試験

あるために、ガス吸着における吸着速度の相違が現れたのではないかと考えられる。

次に、初期濃度35ppmの酢酸ガスを用いて竹炭1gへの吸着試験を行った。結果を図5に示す。試験開始1時間までは乾燥状態においては窒素雰囲気の方が吸着速度が大きく、湿潤状態では空気雰囲気の方が若干吸着速度が大きくなったが、アンモニアのように吸着速度の差が大きく異なることはなかった。

また、乾燥空気調整した初期濃度50ppmのエチレンガスを用いて竹炭の量を変化させた場合の吸着試験を行った。結果を図6に示す。前述のアンモニアや酢酸、以前吸着試験を行ったホルムアルデヒドやトルエンは、1gの竹炭でも数時間のうちにガス検知管の検出下限以下までガスを吸着する<sup>5)</sup>が、エチレンの場合には竹炭を10g用いても吸着速度は緩やかであった。食品を特定の場所で保管する場合には大量の竹炭や竹炭製品を設置できる可能性はあるが、輸送中は同梱できる量は限られるために、効果的にエチレンガスを吸着することは難しいと推察される。

### 3. 3 竹炭によるカビ抑制効果

25℃における試験開始時および試験開始5日後のイチゴの写真を図7に示す。竹炭ありのほうは5個中1個にカビが発生していたのに対し、竹炭なしでは5個中3個にカビが発生しており、竹炭の有無で相違が見られた。竹炭が持つ調湿性能により雰囲気空気中の水分が吸着され、カビの増殖を抑制したのではないかと推察される。20℃および室温で試験したものについても、竹炭ありのほうがかびの発

生量は少なく、竹炭の優位性が観察された。今後は雰囲気空気湿度を測定し、その相違を比較するなど、さらなる原因の究明が必要である。

## 4. 結 言

炭化温度別竹炭の吸放湿試験、ガス吸着試験、竹炭によるカビ抑制試験を行い、以下のような結果が得られた。

- (1) 炭化温度別竹炭の吸放湿試験により、いずれの炭化温度においてもほとんどの場合で低温時または高温時に平衡含水率が高くなる傾向を示した。また、炭化温度の高いほうが平衡含水率は高くなり、より多くの水分を吸着できることが示唆された。
- (2) ガス吸着試験においては、塩基性ガスや酸性ガスについては窒素雰囲気下でも良好な吸着特性を示したことから、窒素置換された環境においてもこれらのガスを吸着できる性能を有していることが示唆された。
- (3) カビ抑制試験においては、竹炭の有無によるカビの発生状況に明確な違いが目視できたが、雰囲気湿度測定や細菌数の調査を行うことにより、カビ抑制効果の原因究明を進めていきたい。

以上のことから、食品の流通時や保存時に適量の竹炭製品を同梱すれば、雰囲気湿度の過湿を防ぐことができ、それによりカビの発生なども抑制できる可能性がある。また、エチレンガスの吸着効果は期待できないが、塩基性ガスや酸性ガスを吸着することもできる。このように対象の食品に適した量の竹炭を利用することにより、保存性を向上できる可能性がある。

## 参 考 文 献

- 1) 大井崇人, 佐々木陽, 成田榮一, 平原英俊, 會澤純雄: 第11回木質炭化学会研究発表会講演要旨集, 47-48 (2013)
- 2) 山内繁, 栗本康司, 谷田貝光克: 第10回木質炭化学会研究発表会講演要旨集, 11-12 (2012)
- 3) 森田慎一, 新村孝善, 松永一彦, 荏原早準: 特許第3357020号
- 4) 日高富男, 小幡透, 新村孝善, 荏原早準: 特許第5186625号
- 5) 小幡透, 日高富男, 西和枝, 新村孝善, 山角達也, 西元研了: 鹿児島県工業技術センター研究報告, 22, 7-12 (2008)



図7 竹炭によるカビ抑制試験