福岡工業大学 学術機関リポジトリ

竹炭に関する研究I

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2020-12-15 キーワード (Ja): キーワード (En): bamboo charcoal, natural environment, kiln, MOUSOU bamboo, electricity resistor 作成者: 服部, 毅範, 保坂, 昌克 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/11478/00001576

竹炭に関する研究Ⅰ

服　部　毅　範　(機能材料工学科)
保　坂　昌　克　(システムマネジメント学科)

Research on Bamboo Charcoal I

Takenori HATTORI (Department of Functional Materials Engineering)
Masakatsu HOSAKA (Department of System Management)

Abstract

The function of bamboo charcoal has attracted attention from the field of protection of natural environment recently. In connection with it, bamboo charcoal is made of MOUSOU bamboo etc. using various kinds of kiln. Then, in order to experiment about the function of bamboo charcoal, we started by making bamboo charcoal kiln. Our first bamboo charcoal kiln (about 100 kg) with its chimney having diameter of 6 cm did not function well enough. Since the chimney did not discharge smoke as we assumed, the temperature in the kiln stopped at 400℃. Next kiln was divided into three layers to make it easier to handle, and its chimney having diameter of 9 cm. Consequently, the temperature in the kiln reached about 800℃. We were able to make bamboo charcoal that was nearly what we had assumed. One of the methods to evaluate the bamboo charcoal is to measure its electricity resistor. The result we got from the method is that, it is below 20Ωcm. It has shown the charcoal functions well. Therefore, we conclude that the second set of bamboo charcoal kiln is effective.

Keywords: *bamboo charcoal, natural environment, kiln, MOUSOU bamboo, electricity resistor.*

1．はじめに

竹は日本人の生活に身近な存在である。そして，生活資材として，または日本的情緒を表わすものとして知られている。しかも広く分布しているという点では，資源として開拓余地が大である。しかし，竹炭は木炭に比べ火持ちが良くないという欠点がある。従来竹炭は，木材が容易に得られていたため木炭ほど重宝がられてはいなかった。ただ日本の木炭は，化石燃料の普及と低価格輸入品に押されて国内での生産が減少傾向を示していた。自然環境維持の立場から化石燃料の使用制限，木炭の輸入制限等によって炭の重要性が見直されるようになってきた。木炭生産は地域特性の一つに上げられていたが，それに対応できる炭焼き技術者不足が問題化している。さらに地方の過疎化によって山林および竹林の管理体制が崩壊している。木炭用の木の成長は10年余と長い年月が必要であるが，竹は約４年で竹炭として利用できる。資源の有効利用の点では，生育サイクルの短い竹の方が有利である。最近，特に健康維持の面から竹炭および竹酢液が多岐にわたって使用されている。そこで竹炭の機能について実

平成16年10月30日受付

験を行うために，竹炭窯を作る事から始めた。竹炭窯は福岡工業大学工作センターで試作し，福岡県八女郡上陽町で孟宗竹の竹炭製造を試みた。その結果について報告する。

2．竹材の準備

(1) 竹材の準備

竹の種類としてモウソウチク（孟宗竹），マタケ（真竹），ハチク（淡竹）等がある。実験で使用する竹は孟宗竹である。炭焼用の竹は，竹林から切り出したもの約30～40cmに輪切りにする。これを六つ割りにし，節の内側の出っ張りを除去する。これらの竹を約１ヶ月前後自然乾燥する。それを窯の中に縦方向に密に詰め込み，上層部に横方向に積み重ねる。ただし，竹と蓋の間に隙間を残して置く。その後着火する。

(2) 竹材の含水率

竹は外側から表皮，繊維組織，維管束，柔組織から成る。これを熱分解すると竹の成分であるヘミセルロース，セルロース，リグニン等が炭化し，竹炭となる[1]。竹には節があるので，節が付いたものとそうでないものの脱水率を求める。竹の脱水率は，密閉式電気炉に水蒸気を逃がす煙突を付けたものを用いて，竹を温度300～1000℃の範囲で熱分解を行う。それぞれの熱分解温度を設定し，設定した温度に達した時点で電源を直ちにオフにし，室温まで自然放冷する。この操作を繰り返す。脱水率は熱分解前の竹と熱分解後の竹炭を秤量する事により求める。得られた脱水率と熱分解温度の関係を図１に示す。竹の熱分解は，400℃前後の温度で大きく影響を受け，節の影響は若干の差が観測されるが，500℃過ぎれば殆ど節の影響は無いと考える。この事により，竹を炭に変化させるためには窯内の温度が400℃以上での熱分解を必要とする。

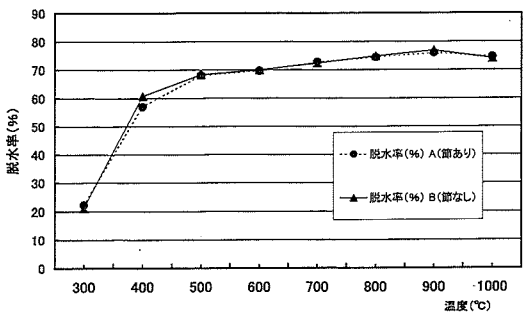


図１．脱水率と熱分解温度の関係

3．竹炭窯の試作

3・1　試作Ⅰ[2),3),4)]

(1) 窯の形状

竹炭窯の試作は，直径51cm，厚さ0.6cm，長さ90cmの円筒形の配管用鋼材を輪切りにしたもの，及び同じ材質の鋼板（厚さ0.6cm）を準備する。円筒形の輪切りにしたものを窯の本体とし，鋼板を使って本体から24cm突き出た焚き口（約20cm＊15cm）を取付ける。その下約20cmに空気取り込み口（約15cm＊10cm）を作る。これは水抜きと共用である。竹炭窯の正面は焚き口側とする。鋼板を直径51cmの円形に加工し，これを２枚準備する。その１枚は円筒形の底に溶接する。これを窯の底とする。他方には取手を取付け，気密性を保持する様に加工して蓋にする。竹は含水量が多く，燃焼の初期段階で発生する水蒸気が液化して溜まるため排水が必要である。また排煙機能を高めるため，窯底から約20cmの位置を金網によって仕切りを設けて空洞を作る。この上に竹材を縦に詰め込む。また空気取り込み口の反対側の金網の下に直径６cm，高さ100cm，厚さ0.2cmの煙突を取り付ける。煙突の断面積と焚き口の断面積の割合は約9.4％となる。この試作Ⅰの総重量は約100kgである。窯内の温度は窯の中心を熱電対

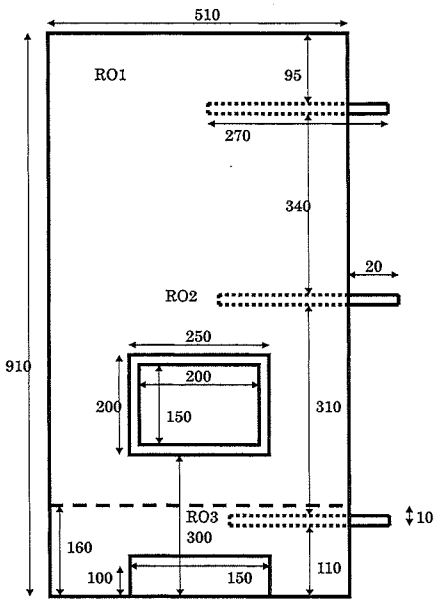


図２．試作Ⅰの正面形状及び寸法（単位：mm）

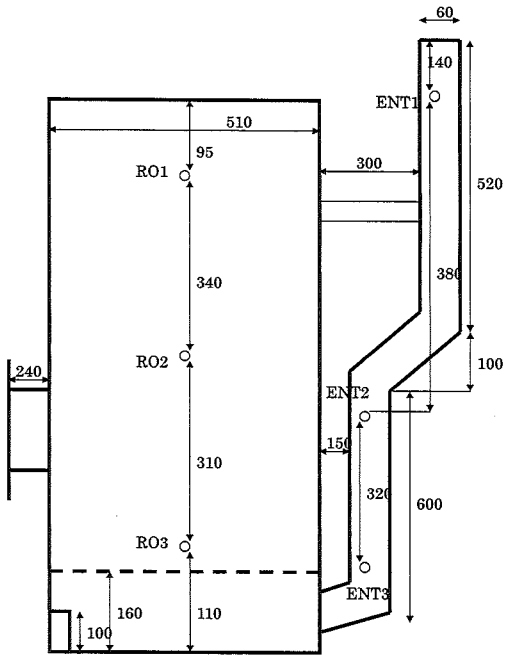


図３．試作Ⅰの側面形状及び寸法（単位：㎜）

（CA）で測定する。窯内の温度分布測定は蓋から下方に約9.5cm（RO1），34cm（RO2），31cm（RO3）の３箇所で，また煙突内の温度分布の測定は煙突の頂上から下方に14cm（ENT1），38cm（ENT2），32cm（ENT3）の３箇所で測定する。窯の外壁が外気温によって冷却されるので断熱材（スーパーウールマット（YS－10）：矢澤産業株式会社）で窯全体に装着し，保温する。竹炭窯の試作Ⅰの形状および寸法を図２，図３に示す。

(2) 竹炭窯試作Ⅰによる竹炭の製造

竹の炭化は，温度が約400℃位から始まるが，ここでは約800℃前後を想定している。焚き口で竹の小枝等を燃焼させ，温度を上昇させるために種々の試みを行った。

① ヘアドライヤーの使用

煙突にヘアドライヤーを取り付け，吸引による排煙を試みる。電源オンで空気の吸い込みが始まるので，焚き口の燃焼は良くなる。しかし，窯内の温度が上昇するにつれて，排煙温度も上昇する事から竹酢液およびタール分が排出され，ドライヤーの吸い込み口の目詰まりが生じた。この方法では，ドライヤーが使用不能になるため，繰り返し炭を焼くことは困難である。また，電源をオフにすると，吸い込みによる排煙が出来ないので焚き口から煙の逆噴出を生じる。

② 扇風機の使用

燃焼中に窯口の方向に扇風機を向けて風圧を与えた場合，排煙は若干良くなるが，窯全体の冷却による弊害が大きくなる。扇風機を除去すると，同様に焚き口から煙の逆噴出を生じる。

③ 窯の上部での燃焼

窯の蓋を取り，積み重ねた竹材の上と焚き口の両方で燃やしながら，火の勢いに応じて蓋をする。一時的に温度は約300℃に上昇するが，同様に焚き口から煙の逆噴出を生じる。煙の逆噴出は，いずれの場合にも刺激臭の強い辛い白煙が発生する。その後水蒸気が窯の下の方に近づくにつれて水滴となり，これによって竹が冷却され，温度は徐々に低下する。以上の作業を試行錯誤しながら，竹炭製造を繰り返し試みた。できた竹炭は焚き口とその上の部分で燃えすぎの状態になっている。また一方，中間部分，特に下方の部分では燻煙状態で終わっている。これは煙突の径が小さく，排煙ができないため窯の上層から下層に向かって十分な水蒸気を流動させる事ができなかったのが原因と思われる。そのため試作Ⅰの窯の温度のシーリングは約400℃であり，目指す竹炭状態を実現できなかった。

３・２　試作Ⅱ

(1) 竹炭窯の試作Ⅱの形状

新しい竹炭窯を試作するに当って，試作Ⅰと同じ円筒形の鋼材，鋼板を使用する。ただし，試作Ⅰの主な問題点として，下記の２点が挙げられる。

① 煙突の直径が６cmと小さいので，十分に排煙が出来なかった事。

② 総重量が100kgと重い事。

これらを改善するため，次のような対策を講じた。①煙突の直径を６cmから９cmに変更する。②重量が問題になるのは一体型であることによる。運搬，取扱を容易にするため試作Ⅰを基本にして，上層，中層および下層の３層に分割する。下層の焚き口（横約15cm＊高さ約11cm，奥行き５cm）は焚き口での燃焼，空気の取り入れ口および排水の作用を一体化する。そのため底から約５cmの高さに金網を設置し，その上で竹の小枝等を燃やし，竹の熱分解に必要な熱源を供給する。竹は含水量が多いために，燃焼の初期段階で水蒸気の発生による水滴が溜まる。これを排水する必要がある。試作Ⅰと同様に，燃焼する際に生じる水蒸気による水

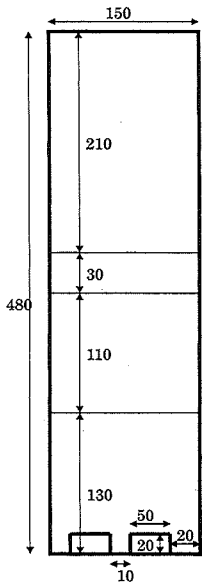


図４．防護壁の正面形状及び寸法(単位：mm)

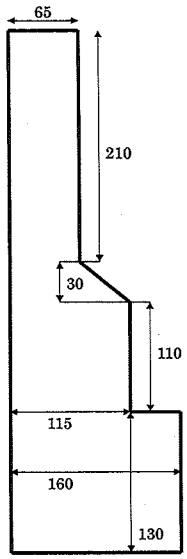


図５．防護壁の側面形状及び寸法(単位：mm)

滴と竹材との接触を防止し，排煙機能を高めるために金網で仕切る。今回の改善点は，焚き口で燃焼する際に，竹材に火が直接当らない防護壁を設け，熱流の機能を高める構造にし，これをアッセンブリ交換が出来る様に加工したことである。これを図４，図５に示す。煙突は直径９cm，長さ150cm，厚さ0.2cmで，下部にタール分を抜き取るためのネジを取り付け，焚き口の反対側の金網の下に取り付ける。煙突の断面積と焚き口断面積の割合は約38.5％で，これを試作Ⅰと比較すると約４倍になる。同様に煙突の断面積の割合は約2.2倍になる。竹炭窯の試作Ⅱを図６，図７に示す。中層および上層は竹材の仕込み，竹炭の取り出しの利便性のためである。窯自体，窯の内部，煙突等を脱着出来る様に簡素化した。窯内の温度分布測定は窯の上層から下方へ12cm(RO1)，26.5cm(RO2)，36.5cm(RO3)の３箇所で，また，煙突内の温度分布測定は煙突の上端から下方へ19.5cm (ENT1)，101cm (ENT2)の２箇所で測定する。試作Ⅰと同様に断熱材で窯全体を保温する。

(2) 竹炭窯試作Ⅱによる竹炭の製造

竹炭窯の下層部の上に中層部を重ね，長さ約40cmの竹材を縦に，密に詰め込む。その上に横に重ねて積み上げるが，最終的に天板と竹材とに隙間が生じるよう

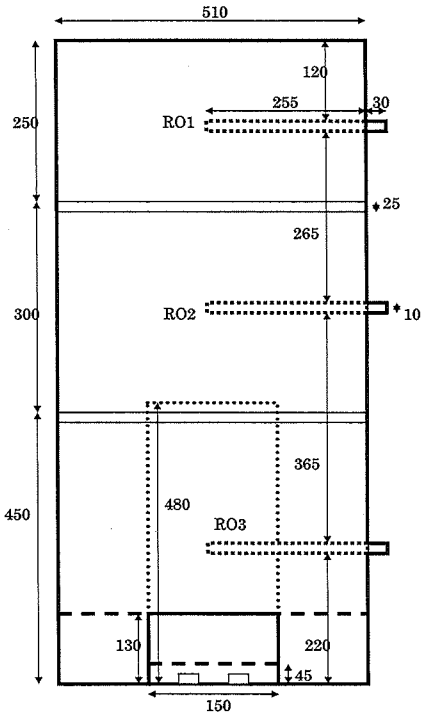


図６．試作Ⅱの正面形状及び寸法（単位：mm）

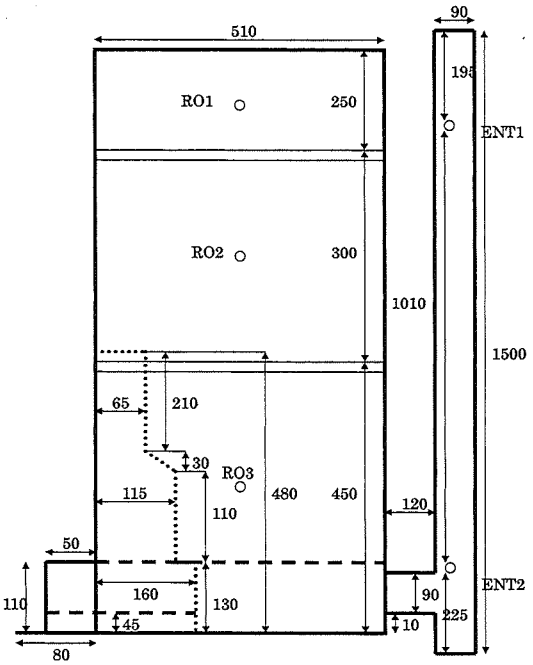


図７．試作Ⅱの側面形状及び寸法（単位：mm）

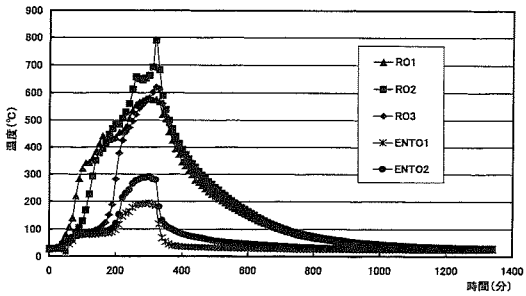


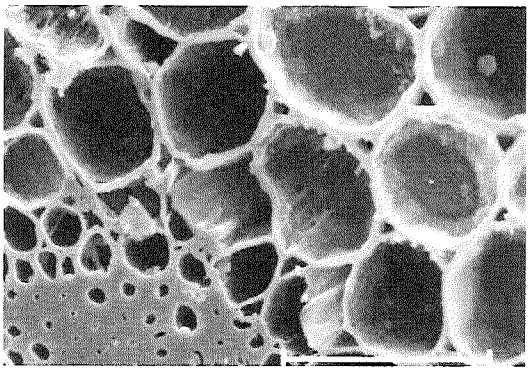
図８．窯及び煙突内の温度分布と時間の関係

にする。試作Ⅰと同じ方法により窯口で竹の枝等を燃焼させる。試作Ⅱの窯が炭化する過程の時間と温度の関係を図８に示す。試作窯Ⅰと同様に焚き口で竹の小枝等を燃焼させても窯内の温度は簡単に上昇しないが，熱流は窯の上の方に上昇するため熱が蓄積される。この熱流により上層部にある竹材の乾留が始まり，水蒸気が発生する。水蒸気と焚き口からの煙は煙突の方に移動する。この過程で中層，下層の竹材はまだ昇温していないので水蒸気が移動中に冷却され，竹材に結露を生じる。この様な冷却作用の繰り返しが続き，竹材の乾留温度に達することが出来ないので下層および煙突部分では，温度分布にタイムラグが発生する。着火から180分経過，窯の中層部の温度が約650℃に到達した時点で，焚き口で火を燃やすのを止め，焚き口の通風板を調節する事によって各測定箇所の温度分布を注視する。測定値の最高温度は816℃になり，排煙の色がスカイブルーに変わった時点で焚き口を密閉し，20分後に煙突も蓋をする。窯内の各温度が着火から100℃に冷えるまで約11時間40分を要した。しかし，安全を優先するという考えで，窯内の温度が50℃になるまで放置する。竹炭製造の作業所要時間は，約19時間であった。

4．竹炭の評価

竹炭窯の試作Ⅰを改善し，試作Ⅱで想定温度の800℃に達する事が出来た。出来上がった竹炭を以下の方法により評価する。

① 電気抵抗の測定：竹炭を一定の形状に加工する。加工した竹炭に電圧を加えた時，電圧，電流を測定することによってオームの法則から抵抗率を求める。求めた抵抗率は約20Ωcm以下の値を示した。しかし，抵抗率の測定から炭化温度およびその時間等の違いによって抵抗率に大きな変化が現れる。この現象は炭化が進むにつれて竹の内部構造が温度によってσ結合からπ結合へ変位するためと考えることが出来る。ここでσ結合のσ電子は局在化しているので伝導電子として寄与出来ないが，π結合のπ電子は非局在化して竹炭全体に広がっているため伝導性電子として寄与することが出来る。この事から伝導電子が増加すれば抵抗率が減少し，この逆の場合は抵抗率が増加することになる。炭化条件等による竹炭の構造変位から竹炭の出来具合を電気的特性である抵抗率の測定によって見分けることが出来る。



1000倍で撮影　　50μm

図９．走査型電子顕微鏡写真による竹炭の断面

② 音による判断：竹炭同士を打ち合わせることによって金属音を発生すれば質は良好と判断する。

③ 竹炭断面の観察：炭化した竹炭の断面を観察するため横方向にカットし，その断面を走査型電子顕微鏡により観察した。この写真を図９に示す。この断面は熱分解により炭化した後に残る複雑な形状の孔が蜂の巣状に並び，無数の孔を形成している事を示す[5]。それぞれの孔は管状をなし，その管状は竹炭の一端から他端に通じている。この無数の管状が存在する事によって他に類のない竹炭特有の諸性質を醸成する源となっている。

5．ま と め

最近自然環境保護の面から，竹炭の機能が注目されてきた。そこで竹炭の機能について実験を行うために，竹炭窯を作ることから始めた。最初に試作した竹炭窯（重量約100kg）は，煙突の直径が６cmで，十分機能しなかった。次の竹炭窯は取扱を容易にするため３層に分割し，煙突も直径９cmにした。結果，窯内の温度

は約800℃に達し，ほぼ想定した竹炭が出来た。竹炭の評価方法の一つに電気抵抗測定値によるものがある。出来た竹炭をこの方法で測定した結果は，約20Ωcm以下であり，十分機能を有する事を示している。よって，２台目の竹炭窯は，使用が可能と判断できる。

6．謝　　辞

竹炭窯の試作に当り福岡工業大工作センターの平田隆一先生に多大なご尽力を頂きました。また，報告書をまとめるに当り卒論生の花田勝信君，松尾大剛君にご協力して頂きました。記して心より謝意を表します。

参 考 文 献

1）内村：「竹」への招待，研成社（1999），p79-83
2）内村・谷田貝・細川：竹炭・竹酢液の利用辞典，創森社（2002），p32-67
3）http://business3.plala.or.jp/chigasak/takeno.htm
4）杉浦・広若・高橋：炭やき教本，創森社（2002），p32-58
5）岸本・池嶋：竹炭・竹酢液の作り方と使い方，農文協（200），p18-22