

炭焼き窯の設置と実際

Establishment of Bamboo Charcoal Making Kiln and Actual Practice

河村 典久¹⁾

Norihisa KAWAMURA¹⁾

小野 知洋²⁾

Tomohiro ONO²⁾

はじめに

金城学院大学が名古屋市守山区大森に移り、移設当時里山として地域の住民に活用されていたキャンパスは、その後ほとんど手入れされることなく経過して、学院設立120周年と、大学設置60年を迎えることになった。里山として利用されていたコナラやアベマキなどは、ほとんど伐採されることなく目の高さで幹回り1.5メートルほどの巨木となってしまった。一方、成長の速い竹林の管理も野放図となって、周りの道路にも進出することとなって、その対策が急がれる事態となっていた。

2009年になって、学院創立120周年・大学設立60周年を迎えるに至り、記念事業として大森キャンパス大学内の自然林を里山環境として整備する活動が開始され、環境整備と具体的な原案が具体化されることとなった。中でも孟宗竹の異常なほどの繁茂ぶりも目に余るようになって竹林の管理、活用が急務となっていたが、プラスチック製品の出現で今や竹製品を生産する技術者も見掛けなくなり、ますますその対策が急務となってきていた。一方、里山の資源を活用した教育活動の実践、里山教育のこころみについてはすでにその概

要を報告した^{1, 2)}。

竹の活用については、竹製品の生産や、竹そのものの利用があるが、近年竹炭の生産や、その時に生じる竹酢の活用が注目されるようになり、各地において里山を守ることと、竹の活用することで、環境浄化や脱臭効果の高いとされる竹炭の生産が行われるようになった。こんな状況下、たまたま犬山市内の著者・河村の自宅において竹炭を焼いていた経験から、大学キャンパス内に炭焼き窯の設置が検討されることになった。

1 大学内炭焼き窯設置までの経過

2008年9月9日 大森里山構想についての意見提案

2009年1月30日 120周年事業の炭焼き計画の具体化

4月9日 里山の計画で炭焼き窯の設置

4月13日 里山保全の炭焼き窯設置の打合せ

5月20日 耐火煉瓦(600×300×65ミリ)を多治見耐火工業(0572-27-2131)へ問合せ

7月21日 多治見耐火煉瓦購入

8月12日 炭焼き窯の設計図打合せ

9月30日 炭焼き用竹の処理(教職員4名)

10月6日 設計図面(図-1)に従って基礎工事、炭焼き窯の建築開始、地なら

¹⁾元金城学院大学薬学部

²⁾金城学院大学国際情報学部

¹⁾Department of Pharmacy, Kinjo Gakuin University

²⁾Department of Global and Media Studies, Kinjo Gakuin University

しと建屋の基礎工事。窯の組み立て、焚口と、窯入口の設置、排煙煙道部分の設置、ブロックによる高さ800ミリの外枠の組立て

10月14日 炭焼き小屋周囲のフェンスの設置と下地の整地

10月19日 炭焼き小屋への電気配線

10月20日 炭焼き窯の最終点検と竹材料の窯入れ

10月21日 金城里山を守る会 (KSC) 部会員, 関係教職員参加によるお祈りと炭焼き窯の点火式と炭焼き

10月24日 炭焼き窯開き

炭焼き加熱終了後には、通例粘土による窯封じが行われるが、粘土が余熱により乾燥した時に亀裂が生ずることがあるが、砂を用いることにより、空気の遮断が可能となる。



写真-2 ドラム缶窯の設置

2 炭焼き窯の構造

2-1 ドラム缶を用いた窯の設計

2008年に設置した犬山市内の河村自宅敷地内の炭焼き窯は、直径60cm、長さ90cmのドラム缶を利用したもので、カットを施し(写真-1)、周りをブロックで囲った。空気を遮断するには一般的な方法として粘土を用いて封鎖する方法がとられているが、今回は砂を用いることとした(写真-2)。



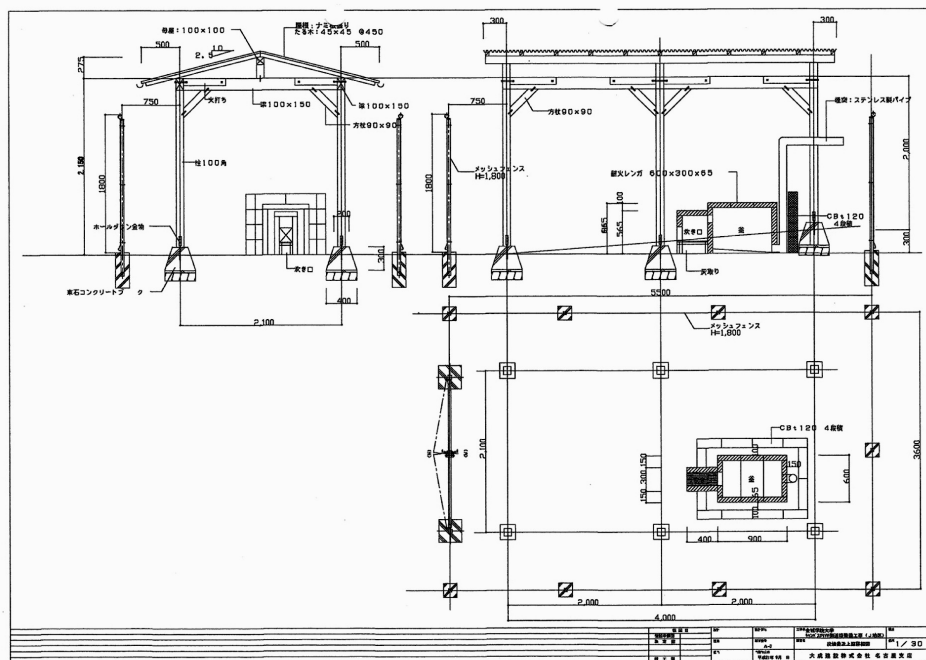
写真-1 ドラム缶窯の細工加工

このドラム缶を利用した炭焼き窯は、本学薬学部第一期生・小西見和の卒業研究³⁾での炭焼きに利用した。

2-2 耐火煉瓦を用いた窯の設計

本学の炭焼き窯の設置にあたって、ドラム缶を利用した金属製の窯では、耐久性に乏しいことが予想されたために、耐火煉瓦を用いた半永久的な構造にした。ところが、規格サイズ(10×20×6.5cm)の耐火煉瓦では蓋閉じが出来ず、このために、長尺の耐火煉瓦が必要となる。

特注の長尺耐火煉瓦(30×60×6.5cm)を確保し、このサイズで窯の蓋が可能のように窯の形状は縦50cm、横75cm、深さ60cmとした。窯の上部は、長尺耐火煉瓦3枚を用いて閉鎖する構造である(図-1, 写真-3, 4)。



図一 学院内の炭焼き窯設計図面



写真一 耐火煉瓦窯の煙突方向から



写真一 耐火煉瓦窯の焚口

2-3 炭焼き窯設置場所の選定

炭焼きでは薪による加熱時の白煙と、自燃(じねん)による竹酢生成段階で燻煙を発生する。また、窯の焚口は、風の向きにより、北斜面が望ましく、さらに煙と匂いのキャン

パス周辺への影響を考慮して、できるだけ民家から離れた場所を選定する必要がある。このため、キャンパス内で目的にあった場所として、ランドルフ講堂の北斜面¹⁾に設置することとした。

2-4 焚口及び煙突

窯の焚口，排煙のための煙道は窯の奥の最下部に直径12cm，長さ100cmのステンレス製円筒を用い，煙突は約15度の傾斜をつけた直径12cm，長さ400cmのステンレス製円筒を用い竹酢採取用の収集口をつけた。（写真－5，6 参照）



写真－5 焚口



写真－6 竹酢採取トラップ

2-5 空気遮断の方法

炭焼き窯で最も考慮しなければならないのは，炭焼きが終了し窯を完全に密封して冷却する必要があるが，その場合に空気が入れば中の高熱に炭化した炭が燃焼して灰になってしまうことである。ドラム缶利用の場合には炭焼き加熱後焚口を粘土で密閉する方法がとられており，冷却した窯の焚口などの粘土を毎回取り除いて，焼きあがった炭を取り出さなければならない。そこで，空気遮断の方法として煙突の封鎖と砂を用いることにした。通常砂は空気を通すように思われるが，数センチの厚さの砂の層と煙突の封鎖によって，空気はほとんど流通することなく完全に遮断されることがわかり，焚口と炭の取り出し口を砂で覆う構造とした。砂を用いる空気遮断方法は今回初めての試みである。（写真－8 参照）

3 炭焼き窯火入れ式

炭焼き窯火入れ式は2009年10月21日午前10時から設置場隣の林の中で，司式は金承哲・大学宗教主事により，讃美歌，聖書朗読，祈祷によって行われ（写真－7），柏木学長の挨拶，炭焼き窯の説明の後，学生と筆者らによる火入れ式が行われた。



写真－7 金宗教主事による炭焼き窯点火式

4 竹炭炭焼きの実際

4-1 ドラム缶炭焼き窯による炭焼き

ドラム缶炭焼き窯は、内部が内径55cm、高さ85cm程の円筒形である。材料の孟宗竹は、あらかじめ70cmにカットし、四つ割にして1か月以上乾燥する。これをドラム缶の中のできるだけ隙間なく詰めるとおよそ60kg詰めることが出来る。

焚口から薪を燃やしてドラム缶の中に熱気を送り込み、およそ1～2時間後に煙突から恒常的に白煙が立ち上がってくる。このとき竹酢採取煙突の内部の温度は60℃ほどとなり、竹酢液が採取口から流れ落ちてくる。窯の内部の温度は200℃となっている。

竹酢液はその後順調に流れ落ち、炭焼きの時期によって異なるがおよそ3～4ℓが得られるが、火入れ後4時間が経過すると、窯の内部の温度が400℃になって、竹酢液の流出は減少し、内部は自燃状態となり、焚口を耐火煉瓦で徐々に狭めて空気の量を制限する。このとき、空気を入れ過ぎると炭化した炭は酸化を受けて灰となってしまうために、薪を少しずつ追加して燃焼を続ける。内部の温度が500℃となってからさらに焚口の空気流入を極端に制限して内部での炭化を促進させる。煙突からの煙の状況が、白煙から透明感のある青色っぽくなると、炭化はほぼ完了に近づき、制限していた焚口をおよそ5分間開放して空気を十分流入させて内部の燃焼を完了させる（ネラシまたは精錬と言う）。

ネラシのあとは、耐火煉瓦で窯の焚口を完全に封鎖する。さらに焚口より大きい耐火煉瓦で焚口を覆い砂を流し込んで完全に空気を遮断する。煙突は竹酢液採取煙突を取り外し、完全に蓋をして炭焼きは完了する。

窯の内部は600℃ほどで、これが完全に冷却するまでおよそ2日間以上放冷する。得られた竹炭は、およそ15kgである。

4-2 耐火煉瓦炭焼き窯による炭焼き

大学敷地内の耐火煉瓦製の炭焼き窯は、内部が縦75cm、横50cm、高さ60cmの長方形である。材料の竹は、ドラム缶炭焼き窯より多くのおよそ65kg材料を詰めることが出来る。



写真-8 砂による空気遮断と温度センサー

耐火煉瓦炭焼き窯による炭焼きの温度管理は、煙道と、窯の内部温度測定のための温度センサーを取り付けて実施した（写真-8）。使用した温度計は、2点式データロガー機能付きのデジタル温度計CE-306（販売元 株式会社佐藤商事）を用い、2本の棒温度センサー端子のうち1本（TPK-03 温度測定範囲-50～600℃）は、竹酢採取煙突の内部に、もう1本（TPK-03S 温度測定範囲-50～800℃）は炭焼き窯内の上部にセットし、それぞれの温度状況を記録した。

窯が耐火煉瓦製で、特大耐火煉瓦（60×30×6.5cm）により蓋をする形態のため、空気の遮断と、材料の乾燥竹の投入は容易である。薪による燃焼加熱はドラム缶炭焼き窯の場合とほぼ同じであるが、長方形の形状であるために、底の部分は加熱が不十分となり、底面

部分は炭化未完成の炭となることがある。このため、投入竹材料はドラム缶炭焼き窯より多いが、得られる竹炭の量は、およそ15kgとほぼ同じである。

4-3 耐火煉瓦炭焼き窯による温度変化

大学内の耐火煉瓦炭焼き窯により冬季（3月4日）に実施した炭焼きの温度状態をグラフに示した（図-2）。

冬季の場合、午前9時40分に火入れを開始し、薪を焚き続ける。窯内温度が上昇始めたのは火入れ開始して2時間後の11時40分で、竹酢液採取煙突内の温度が60℃となった12時02分から竹酢液が流出開始した。竹酢液は煙突温度が130℃付近まで流出し続け、その間焚口を徐々に狭めて、薪をわずかずつ追加し、窯内温度が500℃となるまで続ける。煙突からの煙は薄くてやや青味かかって炭焼きは完了に近づいてくる。

14時50分から15時10分までほぼ耐火煉瓦によって焚口封鎖する。炭焼き完了のため、15時10分からおよそ5分間焚口を少し開けて炭化を完了させる。そして、火入れ開始して5時間20分後の15時20分に砂を用いて焚口を完全封鎖した。

4-4 竹炭の減少率と竹酢の量

放冷後の炭焼き窯は、空気遮断のための砂を除去し、特大耐火煉瓦の蓋を外した時の窯内の状況では、焚口に近いところはやや灰化していたが、ほぼ投入した竹の形態が、そのまま縮小したものとなっていた（写真-9）。

孟宗竹の場合、乾燥竹の長さが75cmであったものが、炭となった時には60cmとなっており、重量変化は、65kgの材料から15kgの竹炭が得られた。ただし、耐火煉瓦炭焼き窯の場



写真-9 焼きあがった竹炭

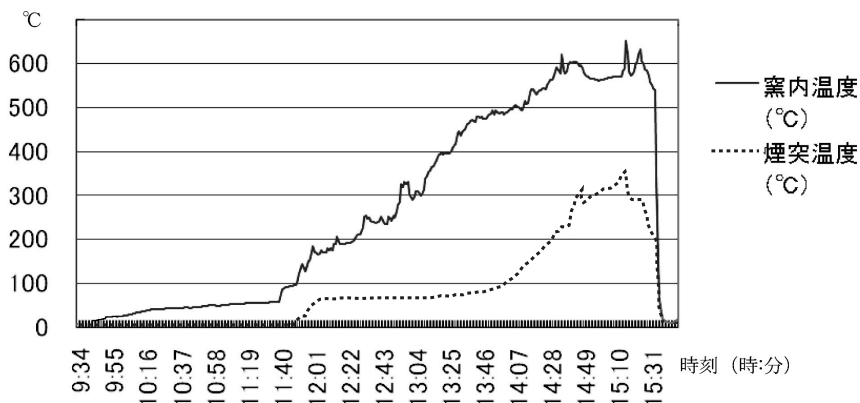


図-2 2010年3月4日（外気温8.8℃）の炭焼き温度変化

合は、未完成の炭となった部分があり、炭となったのは原材料の25%となった。

竹酢の生成量は実施した時期によって異なるが、65kgの原材料からおよそ3 lから5 lと変動が大きかった。これは夏季には生成量が少なく、冬季では多く得られ、煙突での冷却による差であると考えられる。

まとめ

竹藪の異常なばかりの繁茂ぶりについては、金城学院大学大森キャンパスにおいても、その異常ぶりに対策が講じられていたところであるが、学院創立120周年の記念事業として里山整備が行われることになり、今回の竹炭づくり計画が実施された。

これまでにドラム缶での竹炭づくりを行ってきた経験をもとにして、耐火煉瓦による本格的な炭焼き窯を設置することになった。窯閉じの方法として、従来の粘土によることなく、今回新しい試みとして砂を用いての窯の上部及び焚口の封鎖は、空気の流入もなかった。さらに窯開けの場合には粘土を取り壊すこともなく、単に砂を除去するのみで開くことが出来、短時間でしかも容易に炭焼きが可能となりきわめて効率的であることが確認できた。

ドラム缶炭焼き装置と耐火煉瓦炭焼き装置には、いずれも砂による封鎖を行った結果については、原料竹に対して25%の炭化率で差は見られなかった。

謝辞

竹炭焼きについてはNPO法人環境研究所豊明（愛知県豊明市）の稲妻悟氏の指導を受けた。また、炭焼き窯設置について、種々ご指導、ご便宜を頂いた金城学院に、さらに竹炭作りにご協力頂いた金城KSC（Kinjo Satoyama Conservation）の会員の皆さんに感謝いたします。

引用文献

- 1) 岩崎公弥子, 小野知洋, 河村典久, 柳谷勝; (2011), 里山の資源を活用した教育活動の実践, 金城学院大学論集(社会科学編) 7: 1-12
- 2) 小野知洋; (2012-3), 金城型里山教育のこころみー女子学生の環境保全活動参加へのきっかけづくりー, 金城学院大学論集(自然科学編) 8(2) 1-8
- 3) 小西見和: 環境浄化に関する研究, 2008年度金城学院大学薬学部卒業論文(2008, 3)