

伊那炭化式薪ストーブ炭焼き法の開発 ー環境教育への展開を目指してー

西城 潔*・井上芳樹**

Development of a Simple Carbonization Method using a Firewood Stove
for Environmental Education

Kiyoshi SAIJO and Yoshiki INOUE

要旨：薪ストーブを使った簡易かつ安価な装置で、短時間に高品質な炭が焼ける炭焼き法（伊那炭化式薪ストーブ炭焼き法）を開発した。専門的知識・技能を必要とせず、余熱を利用した調理なども組み合わせて行うことが可能であり、今後、環境教育や体験観光目的での実践に適した方法としての普及・発展が見込まれる。

キーワード：簡易炭焼き、薪ストーブ、伊那式炭化法、環境教育

1. はじめに

筆者の一人西城は、2010年度以降、身近な環境で発生する未利用バイオマスを材料とした簡易炭焼きに取り組んできた（西城, 2011; 2013; 2014, 西城ほか, 2014; 2015）。この簡易炭焼きは、(株)モキ製作所の無煙炭化器を用いる方法（以下、無煙炭化器法）で、専門的知識や技能を必要としない、短時間で行える、（炭化器の）持ち運びが楽で出前授業に適しているなどの利点があり、学校教育の場で炭焼き活動を行う上で、きわめて実用性に富んでいる。

ただし無煙炭化器法で焼ける炭は軟質で容易に砕けてしまい、粉末状を呈することも少なくない。そのため、燃料炭として使う上では空気が通りにくく、火の維持にやや難がある。また炭化の過程で素材の形が崩れてしまうため、鑑賞炭などインテリアの利用にも適しているとは言い難い。こうした特徴は、短時間かつ焚火の要領で行う炭化法では避けられないものであり、より高品質な炭を得ることを目的とするならば、他の方法を模索する必要がある。

そのような観点から筆者らが開発したのが、本稿で紹介する「伊那炭化式薪ストーブ炭焼き法」（以下、伊

那式炭化法）である。本法は簡易的で、しかも硬質で素材の形状を損なわない炭を焼くことが可能である。本法には①市販の安価な設備（薪ストーブ本体は市価約1万円）、②準備・後片付けを含めた炭焼きの所要時間が3時間以内、③小型・軽量の設備で運搬・移設が容易、④作業に専門的知識・技能を要しない、⑤運転時の発煙量が少ないなどの特長がある。

一方、旧来の炭焼き手法では、伐採直後の水分の多い木材を炭焼き材料に用いる。そのため、炭焼きの工程では多量の水分蒸発を伴い、炭焼き時間が長くなる上、煙の発生量も多くなる。伊那式炭化法では、乾燥した炭焼き材料を用いることによって、炭焼き時間の短縮、煙の発生量の低減を図っている。さらに、本法の装置は、炭焼き工程で発生する煙を薪ストーブ内で燃焼させる構造のため、炭焼き装置から発生する煙が少ない。

これらのことから、伊那式炭化法は環境教育・体験観光用での短時間での炭焼き工程の実演に適している。以下、その原理・方法と大学での実践事例について報告し、その利点・効果や課題について考察する。

* 宮城教育大学社会科教育講座, ** (株)伊那炭化研究所

2. 伊那炭化式薪ストーブ炭焼き法（伊那式炭化法）

伊那式炭化法の基本的な実施方法と、これに従った実施例を示す。

（1）主な使用器具（図1）

- ・煙突付き野外用薪ストーブ：㈱ホンマ製作所製ステンレス時計1型薪ストーブセット ASS-60
本体サイズ W400×D600×H345mm 重量 5.1kg
ストーブ内観察のため、ガラス付き替え扉 ASW-GKを取り付け
- ・薪ストーブ土台：軽量ブロック 6～18個
- ・炭焼き容器：フタ付き金属容器（図2）
サイズ W235×D235×H150～170mm
- ・炭焼き容器固定針金：鋼製 φ1.2mm×約2m
- ・薪ストーブ天板取り扱い用具：火ハサミ
- ・薪ストーブ内の炭、灰取り出し用具：小型十能
- ・炭焼き容器取り出し用具：シャッター棒
長さ960mm
- ・燃料着火用具：トーチバーナー

（2）使用材料（図3）

- ・炭焼き材料（炭材）：乾燥したスズタケ 1.5kg
サイズφ約10mm×長さ約220mm
乾燥した木、竹、ササなども適用可能
- ・燃料（燃材）：乾燥したスズタケ 4.0kg
サイズφ約10mm×長さ約150mm
乾燥した木、竹、ササなども適用可能

（3）実施方法

以下に、本法の作業工程を示す。

①準備（所要時間約15分）

- ・土台、薪ストーブ設置（図4）
- ・炭材、燃材計量
- ・炭材を炭焼き容器に充填し、フタを固定する
- ・炭焼き容器の天井がストーブ天板の高さに達するまで、炭焼き容器の下に燃材の一部を敷く（図5・6）

②燃料逐次投入燃焼（所要時間約1時間30分）

- ・バーナーで燃材へ着火（図7）
- ・5～10分毎に燃材を投入（図8）、煙突から煙が発生（図9）
- ・薪ストーブ空気口は終始全開にしておく

③燃材未投入燃焼（所要時間約30分）

- ・燃材を投入せずに、自然に燃焼させる

- ・炭焼き容器本体と、フタの隙間から発生する火炎（図10）が無くなる時点まで、燃焼を継続させる

④炭焼き容器取り出し、冷却（所要時間約30分）

- ・薪ストーブの扉を開け（図11）、天板を取り外す
- ・シャッター棒フック部を、炭焼き容器に固定した針金に引っ掛けて炭焼き容器を取り出す（図12）
- ・薪ストーブ内に残った炭、灰を十能で取り出し、消火する（図13）
- ・炭焼き容器、薪ストーブを自然冷却させる

⑤炭の取り出し（所要時間約5分）

- ・炭焼き容器が熱くないことを確認し、フタを開けて完成した炭を取り出す（図14）

⑥後片付け（所要時間約10分）

- ・用具の撤収と清掃

（4）実施例

上述の本法実施方法に従って、炭焼きを実施した。本法と環境教育用小型炭化炉（井上，2010）、商



図1. 主な使用器具



図2. 炭焼き容器

用黒炭窯（里中，1963）を用いた炭焼き方法の装置規模，炭の製造量，所要時間を表1に示す．商用黒炭窯に比べて，本法での炭の製造量は0.4kgと少量であるが，炭焼き時間は2時間と短時間である．また，本法

の実演拘束時間は3時間であり，昼間半日程度の短時間で一連の炭焼き工程が実演可能である．完成した炭は若干の湾曲があるが，破断せず，炭焼き材料の形状を維持した硬質なものである．



図3. 燃料(上)と炭材(下)



図6. 薪ストーブに充填した炭焼き容器



図4. 天板を外した薪ストーブ



図7. 燃料への着火



図5. 炭焼き容器の下敷きにした燃料の一部



図8. 燃料の逐次投入



図9. 薪ストーブから発生する煙



図12. 炭焼き容器の取り出し



図10. 炭焼き容器から発生する火炎



図13. 薪ストーブ内部に残留した炭の取り出し



図11. 炭焼き容器取り出し時の薪ストーブ内部



図14. 完成した炭

表1. 炭焼き方法の比較

炭焼き方法	伊那式炭化法	環境教育用小型炭化炉 ^{*1}	商用黒炭窯 ^{*2}
炭焼き装置 本体の規模	幅40×長さ60×高さ35cm 重量 5.1kg	直径57×高さ89cm 重量140kg	内寸法 幅2.6×長さ3.4 ×高さ0.9m
炭の製造量(kg)	0.4	5.8	540
炭焼き時間 ^{*3} (時)	2	6	132
実演拘束時間 ^{*4} (時)	3	20	—

*1 ㈱伊那炭化研究所製 セラミックス製小型炭化炉 INA-120S (井上, 2010)

*2 本州・四国・九州の平均値 (里中, 1963)

*3 燃材着火から燃材燃焼終了, または, 加熱終了までの時間

*4 炭焼き作業準備から炭の取り出し, 後片付けまでの時間

3. 実践例の報告

本章では, 伊那式炭化法の利点や課題を洗い出し, より多面的な教育活動に展開していくために行った試行的実践事例について報告する。

(1) 排煙量低減の工夫

人家の多い地域や学校構内で炭焼きを行う場合, 煙の発生量をいかに低く抑えるかは, もっとも留意すべき点であろう。高品質な炭が簡単に焼ける方法であっても, 炭化時に大量の煙を発生させてしまうことになれば, 周囲からの苦情等で実践が困難となる事態も予想される。排煙量を抑えるためには, まずできるだけ乾いた燃材・炭材を用いることが望ましい。また発生した煙をできるだけ薪ストーブ内で燃焼させる(燃焼効率を上げる)ことも重要である。ここでは, 後者の観点で試みた排煙量低減の工夫について述べる。

その工夫とは, 排煙部にスチールタワシを詰め込む,



図15. 排煙部に詰めたスチールタワシと炭焼き容器上に設置したスチールウール。スチールウールは炭焼き容器内にも詰めてある。

炭焼き容器内および上にスチールウールを乗せるといったもので(図15), こうした仕掛けにより排煙を滞らせ, 可燃成分により多くの二次燃焼の機会を与える効果を狙っている。この仕掛けを施した状態で観察した煙の発生量の経時的変化を示したのが, 図16・17である(実施日2017年12月14日・21日)。定量的な把握は困難であるが, 煙量を4つのレベル(1:無色~わずかに白色, 気にならない 2:薄い白色, やや気になる, 3:白色, 気になる, 4:濃い白色~灰白色,

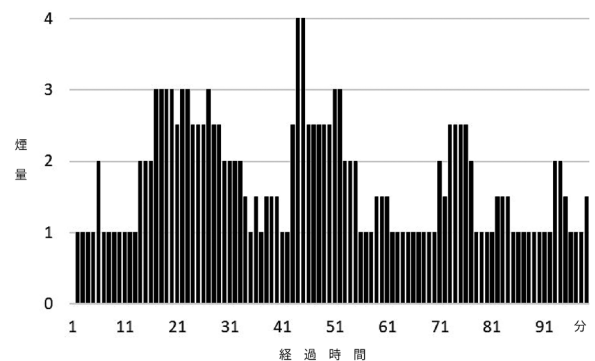


図16. 着火後の排煙量の変化(12月14日)

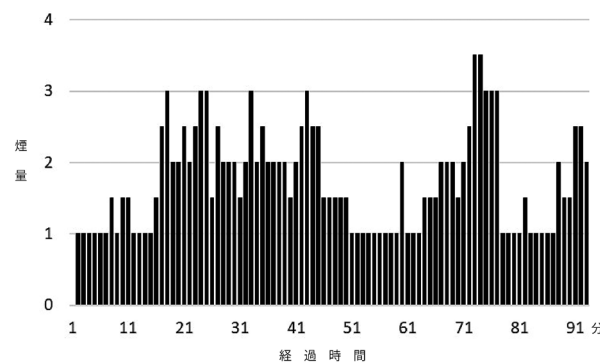


図17. 着火後の排煙量の変化(12月21日)

非常に気になる)の4段階で評価してみた。なお煙量が安定しない(たとえば、2と3の間で変動し続ける)場合には両者の中間値(2と3の間で変動する場合には2.5)として評価した。

上記の煙量に関する基準で、「2 やや気になる」を超えるレベルの煙が排出された時間は、12月14日には約26分間、12月21日には約21分間とみられる。また「4 非常に気になる」レベルの煙は12月14日に約2分間排出された。12月21日にはそのレベルに達する排煙はみられなかったものの、やはり2分間程度、3.5レベルの煙が発生した。一方、「1 気にならない」程度の排煙時間は、12月14日には約42分間、12月21日が約32分間で、全観察時間の4割前後の時間を占めた。ただし現段階では、スチールをセットせずに炭化させた場合との十分な比較検討が行えていないこと、実験時の炭材・燃材の含水率のバラつきも評価できていないことから、ストーブ内のスチールの排煙量低減効果については今後の検討課題としたい。

(2) 余熱利用

本方法では、燃焼時に発生する熱により、薪ストーブの上面・側面は高温となる。この熱を有効利用することで、炭焼きと並行して、より多面的な活動を展開できる可能性がある。そこで、以下のような試行的取り組みを行った。

炭焼きの最中、ストーブ前室の天板を外し、2リットルの水を入れたヤカンに乗せた。また径5cmほどのジャガイモを丸ごとおよび半割りの状態でアルミホイルに包み、燃焼室の天板上に乗せた(図18)。実施



図18. 余熱を利用した湯沸かしとイモ焼きの様子

日は2017年11月22日である。燃材への着火は11:55、その時点における外気温は14.8℃、ヤカン中の水温5.4℃であった。燃焼の進行に伴い水温は徐々に上昇し、12:24で88.6℃、12:32には沸騰(泡立った状態)した。また時折、ジャガイモを反転させながら加熱した結果、13:00にはすべてのジャガイモが芯まで火の通った状態になっていた。なお半割りにしたイモの中には、切り口の面が焦げてしまったものもみられた。

(3) 鑑賞炭(花炭)作り

本炭焼き法ではスチール製の炭焼き容器中で炭材を燃焼させるため、素材の形状が保持されやすい。この点を確認するため、炭焼き容器中に炭材としてクロスズメバチの巣を入れ、焼いた例を図19に示す。ほぼ元の形状を保っていることがわかる。



図19. クロスズメバチの巣を炭材に焼いた炭

4. 考察

これまでに述べた内容をふまえ、伊那式炭化法の利点と課題について考察してみたい。

利点としては、装置のすべてがホームセンター等で入手可能な安価な道具や製品で構成されていること、準備や後片付けを含めた炭焼きの所要時間が3時間以内であること、専門的知識や技能を必要としない点が挙げられよう。学校教育への展開を念頭に置いた場合、以上はいずれも重要な条件である。所要時間3時間を学校の1時限内に収めることはできないが、事前準備を予め済ませておく、炭の回収は授業後に別途行う、他の授業・行事との調整をするといった対応で、実施は可能であろう。また炭焼き法として考えた場合、素

材の形状を損なわない硬質な炭が焼ける、鑑賞炭（花炭）が容易に焼けるといった点が特筆される。本方法による炭は、実施者に「より本格的な炭」という感想を抱かせ得ることが期待される。さらに前章で紹介したように、余熱を利用した調理等と組み合わせれば、多様な活動プログラムを設定することができる。

なお実施に際しては、煙の発生を抑えるよう注意が必要である。よく乾いた燃材・炭材を選ぶことはもちろん、たとえ少量でも煙発生が懸念される場合には、排煙量を減らす仕掛けを施すなどの対策を講じた方がよい。ただしその方法については、引き続き検討をしていく必要がある。

2010年度以降、宮城教育大学で行ってきた無煙炭化器法と比べた場合、伊那式炭化法は、硬質で素材の形をとどめた炭が焼けるという点において勝っている。しかしストーブおよび炭焼き容器の容積に制約があるため、一回の炭化量で比べると無煙炭化器法には及ばない。それぞれの方法の向き不向きを考慮し、相補的に両方法を組み合わせていくことで、より多面的な環境教育を展開していきたい。

5. まとめ

本稿で紹介した伊那式炭化法の成果と課題は、以下のようにまとめられる。

- (1) 本方法は、市販のステンレス製薪ストーブを利用した炭焼き法で、すべて市販の安価な道具・製品で実施可能である。
- (2) 専門的知識・技能は必要なく、比較的短時間（3時間以内）で炭化が可能である。
- (3) 硬質で素材の形をとどめた炭が焼ける。鑑賞炭（花炭）づくりにも適している。
- (4) 余熱を利用した調理など、炭焼き以外の活動を並行して実施することが可能である。
- (5) 炭化時の煙発生量を低減させるため、乾いた燃材・炭材を選ぶ、排煙量を減らす仕掛けを講じるなどの工夫をすることが重要である。

- (6) 無煙炭化器法に比べ、高品質な炭が焼ける反面、一回の炭化量は少ないなど、それぞれに特徴があるため、今後は両方法の性質をうまく組み合わせた活動の展開が求められる。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、伊那式炭化法の試行実験に協力してくれた宮城教育大学中等教育教員養成課程社会科教育専攻学生の藤原和咲さん、宮城教育大学大学院社会科教育専修の大堀真輝さん・移川恵理さんに厚く御礼申し上げます。本研究には、平成29～31年度科学研究費（研究代表者：西城 潔，課題番号：17K01013）を使用した。

引用文献

- 井上芳樹，2010. 環境教育・体験観光用に適したセラミックス製小型炭化炉による製炭方法の研究. 木質炭化学会誌, 6, 63-69.
- 西城 潔，2011. 伐採木を活用した炭焼きの試みー現代的課題科目「環境教育」における実践事例ー. 宮城教育大学環境教育研究紀要, 13, 39-45.
- 西城 潔，2013. リフレッシャー教育システム「炭やき広場」の概要と利用事例. 宮城教育大学環境教育研究紀要, 15, 25-29.
- 西城 潔，2014. 2013年における「炭やき広場」の利用事例と今後の課題. 宮城教育大学環境教育研究紀要, 16, 13-15.
- 西城 潔・目黒李歩・鹿野愛里加・福田はる香，2014. 津波被災校への環境教育支援ー仙台市立中野小学校の炭焼き体験ー. 宮城教育大学教育復興支援センター紀要, 2, 45-48.
- 西城 潔・目黒李歩・福田はる香・荒谷拓実・仲田克成，2015. 小学校における出前炭焼き授業の試み. 宮城教育大学環境教育研究紀要, 17, 39-44.
- 里中聖一，1963. 木材炭化の基礎的研究. 北海道大学農学部演習林研究報告, 22, 609-814.

