

## 移動式簡易炭焼き窯の製造と流木炭化の実証実験

佐藤 司

### 1. はじめに

平成 22～23 年度にかけて山形県庄内総合支庁より委託を受けて海岸漂着ゴミの再資源化に関する調査研究を実施してきた<sup>1,2)</sup>。その中で流木の漂着が近年顕著になっていることが次第に明らかになってきた。平成 20 年度の報告によると、酒田市の離島飛島西海岸では漁網を除く漂着ゴミ発生量が 7 トン、うち流木は 2.3 トン、また赤川河口では漂着ゴミ 207 トン、うち流木は 151 トンと推定されている<sup>3)</sup>。漂着ゴミは海流、風向き、海岸地形などの要因で発生場所が偏在すると考えられており、庄内地方の特定の海岸や酒田市飛島には大量のゴミや流木が漂着する実態を現地調査によって確認した。そのような場所は急峻な地形が多くさらに道路が整備されていないため重機が入りにくい状態になっており回収作業は困難を予想させるものである。海岸に漂着した流木をその場で再資源化する事が出来れば、上記のような流木運搬コストが削減できるうえ、廃棄物の有効活用につながる。現地での流木再資源化法として我々は酒田市飛島において簡易炭焼き窯を設置し現地で炭焼きを行ったことを報告した<sup>4)</sup>。この炭焼き窯はごみ焼却用の窯を改造したもので、軽トラックでの運搬が可能である。飛島での実証実験の結果、炭の歩留まりは最大 25%であったが窯内部が完全に外気と遮断されないため蒸焼き中に空気が流入し炭の多くが灰化することがあった。また、焚口からの熱風がさらに効率よく窯内部を循環する工夫が要することも指摘された。今回は、23 年度の反省を踏まえて更に効率の良い炭焼き窯の製造を行い、炭化の実証実験を行ったことを報告する。

### 2. 改良型炭焼き窯の製造

炭焼き窯といえば石を積み重ねた石窯のこと

を示すことが多い。耐熱性、断熱性に優れており、カシ、ナラ木を1000℃付近の温度で蒸し焼きにして備長炭（白炭）という高級炭を作ることができる。平成23年度に製造した移動式簡易炭焼き窯は石窯ほどの高温は得られないが、500℃程度の温度と推測され、黒炭といわれる軟らかい炭が得られている。この炭は備長炭ほど火持ちが良くないが着火性の良いことが分かっている。今回、窯の断熱性向上および外部との遮断性を改良するためにダクタイル鋳鉄管を切断して直径1m、高さ1.5mの窯を製造した。これは厚さ1.5cmの鉄板の内側にコンクリート舗装が施されたもので元々は水道管に使用されるものである。窯の内部では焚口からの熱風は窯内部を上昇した後に下方へ押し出され本体後部の排気口より煙突を通じて排出されると考えられる。

### 3. 実証実験

酒田市山盾地区にある鳥海竹炭有限責任事業組合敷地内で行った。

1 回目：平成 24 年 5 月 12 日 生木（ニセアカシア）200kg を窯内に置いた。9 時間の燃焼を行った後、焚口を塞いで一晩蒸し焼きにした。燃焼に使用した



写真 1 製造した炭焼き窯の外観

廃材木は800kgであった。5月14日、窯より取り出したところ炭が15kg得られたが未炭化物が67kgもあった。

2回目:5月17日に前回の未炭化物67kgと廃屋から生じた廃材83kgの計150kgを窯に設置した。燃焼時間は前回同様9時間とした。

燃焼用に使用した薪は廃材600kgであった。翌5月18日に窯から取り出しすべて炭化した事を認めた。最初未炭化物であった生木は46.6kgの炭となった。廃材からの炭は13.4kgであった。

したがって、2回の合計として生木200kgから炭が15+46.6=61.6kg得られたことになる。歩留まりは30.8%であった。廃材からの炭化歩留まりは13.5%であった。生木の炭化に2回の炭焼きを要してしまっただけで、この原因は生木の水分率が高かったため、焼けるまで時間を要したものと考えられる。炭焼き前には水分率50%程度といわれる生木を乾燥させ35%までに低下させることが基本といわれている。また、廃材は乾燥しているものを使用した。仮に廃材が家屋から排出されたとすればスギなどの軟らかな樹木が使用されていると考えられ、その場合、炭化歩留まりは低くなる。生木の炭焼きに時間を要したとはいえ30.8%と高い歩留まりを達成したことは窯に空気の流入を防ぐ性能が認められたことになる。一部に蔓が炭化したものも得られた。弦のような細いものは燃えて灰になってしまうと予想したため、炭化の条件が良いと作業員の間から驚きの声が上がった。表Iに歩留まりの実験データを示す。

表I 炭化実験の歩留まり

原木の種類	炭化前重量 (kg)	炭製品 (kg)	歩留り (%)
生木	200	61.6	30.8
廃材木	83	13.4	13.5
合計	283	75.0	26.5

また、表IIに示すように燃焼用の薪として使用した木材の重量が原木の4倍要したという事は、言い換えれば一度の炭焼き工程で炭化と燃料用に流木を1トン処分できることを意味している。

表II 炭製造に要した薪の使用量

材の種類	原木重量 (kg)	薪重量 (kg)	薪利用量 (倍)
1回目	200	800	4.0
2回目	150	600	4.0
合計	350	1400	4.0

#### 4. 「美しいやまがたの海」クリーンアップ運動への協力

海岸漂着物処理推進法が平成21年7月に施行された事を受け、山形県では海岸漂着物対策を総合的かつ効果的に推進する必要から、国の基本方針に基づき地域計画を策定した。山形県海岸漂着物対策推進協議会を立ち上げ、国、県、市町村及び民間団体等が行う海岸漂着物対策の総合的な進行管理を実施している。民間団体と連携したこのクリーンアップにおいて、著者と作業協力者は流木を炭焼し得られた炭を参加者に無料で配布する企画に協力した。平成24年7月14日7:30~8:30にかけて最上川河口右岸において清掃活動が行われた。炭焼きは会場内で延焼の危険のない場所(酒田港袖岡船だまり第1野積場)で行った。なお、この場所は山形県港湾事務所が管理する都合上、同所に港湾施設占用許可申請書を提出し、占用料を支払うことで活動が行われることとなった。流木回収および窯の設置は12、13日に実施した。炭焼きは13日6時から行い17時に鎮火。翌14日のクリーンアップ開会式に合わせて窯を開け参加者に炭を分ける段取りであった(写真2)。しかし、炭焼きが不十分で生焼けの状態が多く残ってしまった。これは、炭焼き当日の風が窯口に当たらず逆に窯の背面に当たる格好となってしまう、焚口の熱が窯内部に流入し



写真2 最上川河口での炭焼き実験

なかった為である。前日の窯設置時とは風向きが反対になってしまったことが原因である。今後の検討として、風向きに対して焚口が自在に向くように窯が回転できるような機構を具備することを考えている。当初予定だった流木炭配布については不測の事態を予想して、22~23年度に製造した流木炭を用意、配布できたので不興を回避できた。炭を貰い受ける希望者は大勢おり、用意した約100kgの炭がイベント終了までですべて引き取られた。なお流木炭の提供

において、平成23年林野庁通知「調理用薪及び木炭における放射性セシウム濃度の当面の指標値」に従った。この通知は東日本大震災による原子力発電所の事故を受けて設定したものであり、以下の値以下である事を確認する必要があった。

薪 40 ベクレル/kg (乾重量)

木炭 280 ベクレル/kg (乾重量)

この指標値を超えた場合には参加者への配布を行わない事として庄内総合支庁の担当者に対応した。放射性物質の分析試験は株式会社理研分析センターに依頼しゲルマニウム半導体γ線スペクトロメトリ分析によって行った。その結果、

木炭について、

セシウム 134 不検出 (検出限界 1.8 ベクレル/kg)

セシウム 137 不検出 (検出限界 1.5 ベクレル/kg)

流木について、

セシウム 134 不検出 (検出限界 2.2 ベクレル/kg)

セシウム 137 不検出 (検出限界 2.5 ベクレル/kg)

であったことから配布可能と結論できたものである。

## 5. 今後の活動予定

### 5-1. 間伐材の炭焼き

山林整備のため伐採した後の間伐材については運搬に掛かる経費が大きい事からその場に放置されているケースが多い。山林に放置された間伐材による環境への影響や流木発生源としての恐れがあるので適切な処分が望まれる。また、河畔などにも繁茂するニセアカシアは侵略的外来生物とされ駆除が急がれており、間伐し炭焼きにする再資源化が適切な環境保全と思われる。このような処理手つかずの廃材木に対して窯をトラックで移送し(写真 3)現地で炭焼きするとともに、新たな山林整備システム構築への提言につなげたい。



写真3 トラックによる移動

### 5-2. 山形大学「被災地の瓦礫“かたづけ隊”構想」への協力

東日本大震災で被災地に膨大に堆積した木質系瓦礫の処分支援として山形大学農学部学生を中心としたボランティアグループによるクリーンアップ活動および炭焼きによる「復興炭」の作成を計画している<sup>5)</sup>。製造した炭焼き窯を現地に移設し活動に役立てるものである。被災地からの要請を受けて出動する準備を進めている。

## 6. 終わりに

炭焼き作業を可能にする移動式炭焼き窯の製造と実証実験を行ってきた。炭焼き窯を現地に運び、その場で炭焼きを行うことに次の3つの意義がある。(1) 廃棄物から有価物への再資源化、(2) 廃棄物処理(運搬および処分)コストの削減、(3) 炭焼き用の薪としての廃材利用である。炭焼き窯の改良を行うとともに、各種イベントでデモンストレーションを行い、流木や廃材木の炭焼きの意義を普及したい。

謝辞 本研究を遂行するに当たり、山形県庄内総合支庁保健福祉環境部の方々より流木の状況について、また、酒田市(旧平田町)のアーゼロン有機庄内 長谷部耕次氏、協力者の長堀齋氏、伊藤成晴氏より炭焼き作業の協力や助言を頂きました。山形大学農学部教授野掘嘉裕先生より実証実験段階でのデータ収集の協力を頂きました。

本研究は公益財団法人マエタテクノロジーリサーチファンドの助成を受けて実施したものであり、ここに謝意を示します。

### 参考文献

- 1) 佐藤司, 小谷卓, 受託研究報告書, 漂着流木・漁網等の回収処理方法に係る調査研究(庄内総合支庁, 平成22年)。
- 2) 佐藤司, 小谷卓, 受託研究報告書, 流木・漁網等の回収・処理に関する研究(庄内総合支庁, 平成23年)。
- 3) 飛島西海岸・赤川河口部における今後の漂流・漂着ゴミ対策のあり方について,  
[http://www.env.go.jp/water/marine\\_litter/model/kentou/region/yamagata06/index.html](http://www.env.go.jp/water/marine_litter/model/kentou/region/yamagata06/index.html)
- 4) 佐藤司, 小谷卓, 鶴岡工業高等専門学校研究紀要, p.79 (2011)。
- 5) 平成24年7月24日 山形大学プレス発表資料

