炭の有効利用 – バイオカーボン –

Effective Use of Charcoal - Bio-carbon -

坂 輪 光 弘*
Mitsuhiro SAKAWA

Key Words: Charcoal, Carbonization, Wood Resources, Used Paper

1. 緒言

炭は燃料以外に畑に蒔いて土壌改良材、家畜の臭気の除去あるいは調湿性の利用などに利用されている。著者は、従来型の炭窯で実際に炭を焼いてみた¹⁾。できた炭を多くに人に自由に持って行ってもらった。形の良い炭は直ぐになくなったが粉状の炭は炉前に散乱していた。木を切り出し、炉内に垂直に並べ、約一週間掛けて製造した炭である。その労力を考えると愕然とした。何とか買いに来てくれる付加価値のある炭を造りたいと考えた。この炭をバイオカーボンと名づけた。最初に古紙から造った炭に植物が生育することを見出した。この炭で観賞用の炭の植物栽培床を製造した。さらに鉢状の炭だけでなく板状の炭を造り環境資材としての利用を考えた。これらの炭は生物が生育するので気孔の多い炭である。逆に気孔の少ないいわゆる備長炭のような炭を造り、石炭から造るコークスの代替にならないかの検討を行った。最後に従来からの木炭を鋳物用加炭材として利用できないかの検討を行った。いずれの炭も安価に造らなければならない。このため従来型の土釜やガスや電気を使わない炭化炉の開発も行った。

2. 炭だけの植物栽培床の開発

著者は、古紙を粉砕して鉢状の成型物を造り、これを炭化して炭の鉢を製造した。この鉢に土を入れて植物を栽培しようと試みた。しかしこの鉢は強度が十分でないで、土の重みで直ぐに壊れた。実験室の外に放置しておいた炭の鉢の炭の部分に雑草が生育しているのを見出した。これをヒントに土を全く使わず炭だけの植物栽培床の研究を始めた^{2,3)}。

製造方法は、古紙を粉砕し、水と混合して紙粘土状にしたものを鉢の形に成型する。乾燥後炭化炉で 800℃ 程度で炭化する。

通常の木炭には植物生育が難しいのに、古紙から造った

Fig.1 Distribution of pore

Photo.1 Photomicrograph of carbon from used paper

炭には植物が生育するのは気孔の大きさによって判った。Fig.1 に通常の杉炭と古紙から造った炭の気孔分布を示す。

しかし一般に気孔が多いと強度が落ちる。これらの炭を顕微鏡観察すると繊維状になった古紙の炭化物がお互いに絡み合っ、気孔が多いのに強度が落ちないことが判った (Photo.1)。

植物の栽培例を Photo.2, 3 に示す。サボテンやハイビスカス、松さらにはきのこ⁴⁾、稲の栽培も可能である。

* 高知工科大学 地域連携機構 連携研究センター バイオカーボン開発研究室 (〒 782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185)
Kochi University of Technology Research Organization for Regional Alliance Biocarbon Research Center
(185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami, Kochi, 782-8502 Japan)

Photo.2 Cultivation samples

Photo.3 Cultivation samples

Photo.4 Large-scale Construction machine

Photo.5 Molded Products

3. 環境資材としての利用

炭の鉢は植物観賞用としての利用である。さらに板状の炭を造ることで、環境資材として利用できないか考えた⁵⁾。板状の炭に芝などを栽培させて屋上緑化にできれば、ヒートアイランド現象の減少になる。特に炭は比重が0.2前後と非常に軽量であることから建築物への負担が軽減できる。さらに使用後は可燃物としての処理が可能である。板状成型物の製造装置⁶⁾を Photo.4 に示す。

Photo.6 Turf grown to charcoal

Photo.7 Construction from sawdust

Photo.8 Construction from bark

この成型機で 375 mm 平方、高さは 300 mm まで可変できる。

成型物の写真を Photo.5 に示す。

この板状の炭に芝を生育させた写真を Photo.6 に示す。

これを屋上に並べることで環境資材としての利用が可能になる。

古紙におが屑、樹皮等を添加した炭の板の開発も行っている。未利用木質資源の活用の観点からおが屑や樹皮を古紙に混合して炭を造っている。もちろんおが屑や樹皮単体では炭は出来ても強度が全く無いので炭の成型物はできない。Photo.7、8 におが屑、樹皮を混合して造った炭の板の形状を示す。

この結果、おが屑、樹皮とも 70 % まで混合できることが判った。

Fig.2 Weight loss during carbonization

Fig.3 Shrinkage During carbonization

鉢の成型物の炭化と板状の炭化の差は、板状の炭化では、亀裂が入りやすいことがあげられる。

亀裂の原因としては、水分の蒸発と揮発成分の発生、収縮が挙げられる。揮発と収縮の起こる温度域を熱天秤と熱膨張形で調べた結果が Fig.2, 3 に示す⁷⁾。この結果、300℃から400℃の範囲で揮発分と収縮が主に起こっている。そこでこの温度域をゆっくり昇温させることで、亀裂の無い板状の炭を造ることができた。

4. 熱源、還元材としての利用

炭は、コークスに代表されるように、鉄を造る時に還元材、熱源としての利用がある。しかし、現代の大型化した高炉では、いかに強度を上げた木炭でも強度が足りない。高炉方式の溶融式ごみ処理炉がある。この処理炉は、還元材、熱源として石炭から造られるコークスを用いている。このコークスの代替として木炭が使えないか考えた⁷⁾。製鉄用高炉に比較して炉容積が小さいのでコークスほど強度は要求されない。しかし通常の木炭では無理である。そこで備長炭並みの強度を持つ木炭を作る必要がある。そこでおが屑から備長炭並みの強度を持つ炭の製造を試みた。Photo.9 に示す熱間押し出し成型機を造った。

いわゆるおが炭といわれるものである。通常言われているより大型 (80 ± 3 mm) の五角形のものである。真ん中に

Photo.9 Pushing mold machine

Photo.10 Molded construction before and after carbonization

開いている穴は熱間成時の水分などの揮発分の逃げ道である。

この押し出し成型機で造った成型物を Photo.10 に示す。ここでのポイントは、おが屑の水分量である。5 % 以下に乾燥させれば、比重が1 以上の成型物を造ることができる。この成型物を炭素化して、実際のごみ処理炉に使用した。その結果、ごみの含水率にもよるが通常のコークスに比較して1.2 倍程度が必要であることが判った。実用化するには、定常的に安定に高密度炭を提供できるかにかかっている。

5. 鋳物用鉄の加炭材としての使用

鋳物業界では、スクラップなどの鉄を電気炉で溶解して鋳物鉄を製造する。この時、加炭材としてコークスを使用している。この代替に木炭を利用できないかを考えた⁸⁾。普通に考えると、200℃付近の溶銑に挿入するのであるから一瞬で燃焼してなくなるのではと考えた。

5000 cm³ の容積の高周波炉で、通常使用しているコークス、前述の高密度炭、木炭を Photo.11 の高周波炉で実験した。加炭材 (木炭、高密度炭、コークス (通常使用)) の上に鉄片を並べて、溶解し、溶解後からの時間で、溶鉄を

Photo.11 High-frequency furnace

Fig.4 Rate of recarburization

柄杓でくみ出し、炭素含有量を測定した。その結果、Fig.4に示すように十分浸炭することが判った。さらに浸炭速度も通常使用のコークスよりも速いことも判った。

4トン、アーク炉での実験を試みた。通常実炉では、夜間電力を使用するので、最初の挿入は、炉が冷えている。そこへ加炭材 20～50 kg とスクラップ約 4000～9000 kg を装填し、電量を流して溶解させていく、結果の一例をTable 1に示す。二回目以後は、炉が加熱状態での挿入になるが、木炭上にチップ状鉄をかぶせるなどの方法で、十分木炭が加炭材として利用できることが示された。さらに利点として硫黄の含有量が挙げられる。硫黄は、鋳物鉄には有害物質である。コークスは硫黄が必ず含まれている。このため、最後に脱硫工程を行う。しかし木炭は通常硫黄を含んでいないので、この工程が不要になる。

木炭を加炭材として使用する可能性は示すことが出来た。問題は、価格である。安定して低価格で木炭を提供できれば、コークス代替は可能であると考えている。

6. 炭化時の排ガスを利用した炭素化炉の開発

炭を造る時の最大のポイントは、炭化である。電気やガスを使ったのでは、経済的に問題である。しかし、従来型の土釜では、時間も掛かり、また、炉内の温度分布からも均一な製品を造ることができない。木質資源が炭素化時の

Table 1 Result of recarbarizer in real furnace

使用加炭材	加炭材(kg)	全体湯量(kg)	爪/加炭材	炭素含有量(%)
コークス	40	9770	25	0.57
コークス	40	7050	9	0.29
高密度木炭	50	4330	0	0.58
廃棄木材炭	20	4760	34	0.28
廃棄木材炭	50	6530	21	0.57

(爪は農耕機械の爪を切り取ったもの (炭素含有量 0.48%))

Table 2 Gases during carbonization

	水素	メタン	一酸化炭素	二酸化炭素
セルロース	35.0%	7.2%	25.5%	32.3%
竹	33.4%	7.4%	22.3%	36.9%
木質粉	35.1%	10.6%	23.0%	31.2%
古紙	30.8%	10.1%	29.4%	29.7%
みかんの皮	40.4%	8.1%	12.0%	39.5%
石炭	42～51%	28～32%	5～8%	2～5%

(vole % until 800℃)

Fig.5 Conceptual diagram of carbonization furnace

発生ガスを調べたのが、Table 2に示す。

メタンなどの可燃性ガスが含まれている^{9, 10, 11)}。そこで、このガスを熱源として、炭素化できないかを考えた。乾燥していれば、十分自己の発生ガスで炭素化できることが判った。

Fig.5に炉の概念図を示す。最初に廃材などを用いて炉を十分加熱する。その後、前面の炉の蓋を開けて、材料を設置する。炉を閉めて、炉前面の空気孔を開放する。この穴から空気を吸い込み、材料から発生する可燃ガスと混合されて、炉内の上部で燃焼が始まる。燃焼排ガスは、二重になった炉内を回って、煙突から排出される。この間に炉内を加熱する。この方式では、炉内は四方から加熱されるので、均一に加熱が出来る。Photo.12に設置したときの炉

Photo.12 Carbonization Furnace by using exhaust gases

を示す。炉は2台あり、内容積は1 m 立方である。

煙道の温度が、炉内温度より高くなった時、炭化終了と判断する。物によって、炭化終了からの置時間を検討しておく必要がある。終了後、炭化物を取り出し、水封したところに置き、鉄の蓋をかぶせることで冷却する。次の炭素化するものを挿入することで、連続して炭素化できる。乾燥木材では、約 250 kg を 3 ～ 4 時間で炭素化できる。

7. 結論

炭の新しい利用を考えてきた。炭の特徴である吸着性、調湿性などを生かしての利用は昔からある。しかしこれらの需要が大きく伸びないのは価格も一つの問題である。ここでは、新しい利用法として、付加価値のある炭ができないかを検討してきた。炭の気孔が従来の炭より遥かに多いのに強度が落ちない炭を見出した。この炭を植物などの栽培床に利用することを考えた。観賞用だけでなく、板状の炭を造ることで屋上などに芝を栽培しての利用で環境資材としての利用も考えた。

いずれの利用でも安価に炭を製造しなくてはならない。従来からの土釜や電気やガス釜では採算が取れない。そこで木材の炭化時の発生可燃ガスを利用する新しい炭化炉を

開発した。このことで外部熱源を使わずに炭素化できることを示した。安価に炭を造ることができるので、通常の木炭の新しい利用法として、鋳物用の加炭材としての利用も可能であることを示した。

日本は森林国であり、利用できる木材は沢山ある。これらの有効利用を図ることで再び豊かな山林を蘇らせたいと願っている。

引用文献

- 1) 野中重太郎、高野哲弘、坂輪光弘、今西隆男；従来炭窯での炭化挙動、第 29 回炭素材料学会要旨集、pp.184, 2004
- 2) 山崎和紀、小笠原大樹、今西隆男、坂輪光弘；古紙の炭化と生成炭のキャラクタリゼーション、炭素、211,4-9,2004
- 3) 坂輪光弘、池田和彦、安江博明；特願平 11-255381
- 4) 今西隆男、坂輪光弘；古紙から造った炭でのヒラタケの栽培、日本応用きのこ学会誌、11, 4, 165-171, 2003
- 5) Yuuichi Shinoda, Mitsuhiro Sakawa, Sakae Horisawa, Yasunori Matsumoto, Masaharu Ikeue, Masato Inada, Takao Imanishi, Takashi Ichihara, Toyoshi Manabe, Daisuke Oomori ; Development of charcoal planting bed and environmental materials made from waste paper and forest resources. Annual World Conference on Carbon ID160(2010) Clemson, South Carolina (USA)
- 6) 篠田雄一、山崎新平、松本泰典、池上雅博、堀澤 栄、坂輪光弘、稲田将人、眞鍋豊士、今西隆男、市原孝志、大森大輔；古紙と未利用木質資源から造った環境資材用の炭のボードの開発；第 47 回石炭科学会議、講演予稿集、pp.30-31, 2009
- 7) 眞邊照展、坂輪光弘；木粉圧縮成型物の炭素化過程での物性変化と生成炭の特性、第 32 回炭素材料学会年會要旨集、pp.84-85,2005
- 8) 眞鍋豊士、坂輪光弘、土井康純、鑄造工学、82, 491-494, 2010
- 9) 坂輪光弘；木材炭素化時の排ガスを利用した炭素化炉の開発、化学工業、56, 39-42, 2005
- 10) 坂輪光弘；炭素材料の新展開 (学振 117 委員会、60 周年記念出版) pp.290-297, 2007
- 11) 坂輪光弘、橋爪利夫；特願 2005-343071 (vole % until 800℃)