

# たかが木炭 されど木炭(2)

斎藤 勝

木炭と人々との関係はすこぶる古く、有史以前にさかのぼるといわれます<sup>1)</sup>。この間に人々は生活の中から、木炭の特性を巧みに生かした使い方をしてきました。今後も木炭の新たな特性が明らかになれば用途が広がると思います。このことから、木炭の性質について述べてみましょう。

## 炭化物の性質

木炭は、いろいろな性質を持っています。木炭の利用を考える上で、その性質を十分に理解することは大切なことです。ここでは、これまでによく知られている性質と新たに明らかになった性質について述べます。

木炭の性状を知るためには、工業分析、元素分析、物性分析などが行われます。これらの分析は、主に次のようなものです。

- ・工業分析は木炭に含まれる水分、灰分、揮発分、固定炭素の重量割合を測定します。
- ・元素分析は木炭を構成する炭素、酸素、水素などの重量割合を測定します。
- ・物性分析は物理的性質を測定します。木炭の硬さ、炭化度（精煉度）、比表面積、pH、真比重、かさ比重、発熱量、反応性、着火点

などです。

木炭の性質や元素組成は、炭材の樹種や製炭法によっても異なります。

黒炭を焼く場合、同じかまで同じ樹種の炭材を用いても、かま内の部位によって異なる性状の木炭が得られます。表1にはブロックかま内の部位の違いによる木炭の分析値<sup>2)</sup>を示しました。

かまの上部では700という高温になります。かまの下部では温度は上がりませんが、かまの下部では低い温度で木炭が焼かれることになり、炭素の構成率が比較的低く、その分、水素や酸素が多い木炭になります。このことから、かまの下部では揮発分が多く固定炭素の少ない木炭が得られます。

なお、白炭は通常1000という高い温度で十分な精煉を行うので、得られる白炭の炭化度はかまの違いや炭材の樹種の違いによる差は少ないとい

表1 角形ブロックかまで炭化したアラカシ木炭の組成と工業分析値<sup>2)</sup>

部 位	最高 温度	元素分析 (%)				工業分析 (%)			
		炭素	水素	酸素	灰分	水分	灰分	揮発分	固定炭素
窯上部	700℃	89.51	2.09	5.09	3.31	4.70	3.31	12.30	79.7
窯中部	615℃	89.37	3.17	5.40	2.06	3.80	2.10	16.00	78.1
窯下部	485℃	83.51	3.46	11.54	1.49	4.40	1.50	23.50	70.6

われます。

木炭は、木材の仮道管や柔細胞といった細胞構成をそのまま残した形で炭化されます。この多数の仮道管がそのままマクロ孔になり、また、細胞壁は木炭内の無数の隔壁を形成し、この壁にも多数の細孔があります。そして、いずれの細孔も互いに通じ合って、空気が通りやすい性質を持っています。

カラマツやトドマツなどの針葉樹は、孔の径が大きく、かつ薄い細胞壁が多いので軟質の木炭になります。一方、ナラやクヌギは壁が厚く孔の径が小さい細胞が多いので硬質の木炭になります。この構造の違いは、木炭を利用するときに重要な意味<sup>3)</sup>があります。

例えば燃料として用いる場合、木炭の孔の径が大きいほど、酸素が木炭の内部に入りやすく、反応してできた炭酸ガスの拡散もよいので火付きがよく、すぐに高温が得られます。これに対して、広葉樹のナラやクヌギなどを炭材にすると、木炭の孔が小さく壁も厚いので、燃焼速度は遅くなります。この結果、ナラやクヌギの木炭は、一定温度での燃焼を維持して、火持ちが良いという特徴を持っています。

鍛冶屋で燃料としてよくマツ炭が使われるのは、孔が大きくて、燃焼が速く、急速に高温が得られるからです。火付きの良さと、適当な時間で使い切るのに適したカラマツ木炭は、バーベキュー用として重宝されています。これに対して、うなぎの蒲焼きや焼き鳥などでは、一定の温度を保ちやすいナラやクヌギからの硬炭や備長炭、オガタンなどが用いられているわけです。

このように、一見すると同じような黒い木炭でも、その性状はいろいろと異なるので、燃料以外に使われるときにはそれなりの性状を見極めることも必要だと思えます。

## 炭化度

炭化度は木炭の炭化の程度を表わしますが、外見では分かりません。木炭の基本構造は、小さい炭素の結晶が不規則に並んだ構造を持っており、

無定形炭素といわれています。その小さい結晶は炭化温度が高くなるに従い大きく成長します。そうなると、炭素の純度が高くなるので電気抵抗が少なくなり、木炭の電導性が良くなります。このことから、木炭の電気抵抗値<sup>4)</sup>を測定することで炭化度を知ることができ、この仕組みを利用して炭化度を測定する器具が精煉計です。

木炭の電気抵抗は揮発分の含有量と比例関係にあるといわれ、高温で焼かれた白炭では揮発分が少ないので電気抵抗が小さく、精煉計は 0 を示します。一方、黒炭は先に触れたように、かま内の温度のバラツキにより炭化度にも幅があります。

## 硬 度

木炭の硬度は木炭硬度計<sup>5)</sup>によって測定します。硬度計には鉛、アンチモン、銅、錫、亜鉛、鋸用鋼鉄などを所定量配合した、硬さの異なる20種類の金属片が用いられます。鉛のみの金属片は最も軟らかく、1番とランク付けされており、最も硬いのが鋸用鋼鉄のみの金属片で、20番とランク付けされています。この金属片で木炭の折口面を傷付けて硬度を測定します。

木炭の中で最も硬い白炭の硬度は18であり、これが俗に鉄より硬いといわれるゆえんです。クヌギの黒炭では中間的な硬さを示しますが、マツ炭になると硬度は 1 以下になります。

## 反応性

木炭は炭素の集合体といわれ、いろいろな物質と反応し、相手の物質から酸素を奪う働き（還元

表 2 炭化物の反応性

試 料	反応率	備 考
ナラ白炭	45.9	反応率 = $\frac{\text{CO}}{\text{CO} + 2\text{CO}_2} (\%)$
カン白炭	55.9	
ナラ黒炭	59.1	
カン黒炭	60.1	
マツ黒炭	73.8	
コークスA	7.2	反応温度 950°C
コークスB	6.5	反応時間 30min

性)があります。表2は、炭化物の反応性<sup>6)</sup>を測定した一例です。

測定は、石英製の円筒容器に試料を入れて950に熱し、この中に炭酸ガス(CO<sub>2</sub>)を通します。そうすると、CO<sub>2</sub>は木炭の還元力により酸素(O)が奪われて一酸化炭素(CO)になります。このときのCO<sub>2</sub>がCOになる割合を測定したものが、炭化物の反応性を示す指標として用いられます。

木炭の反応率は46~73%に対して、コークスでは7%程度です。昔からこの性質を利用して鉄や金属、けい素、二硫化炭素などの製造に木炭が使われてきました。

### 吸着性

木炭にはたくさんの細孔があることは先に述べましたが、小さな孔がたくさんあることにより、比表面積が大きくなります。吸着力は、この比表面積の大きさとその通気性に左右されるといわれます。表3は、炭化物のヨードの吸着量<sup>7)</sup>を示したものです。木炭は活性炭ほどではないものの、ガスや液体をよく吸着する性質があることが分か

ります。

### (1) 炭化温度と吸着力

木炭の吸着力は、炭化温度<sup>8)</sup>で異なることが知られています。図1には炭化温度とヨード吸着量、また、図2には炭化温度と水蒸気吸着率を示しました。

ヨード吸着では、600~700 で得られた木炭が最も高い吸着力を示すのに対し、水蒸気吸着では逆に低い値を示しました。

木炭は、このように炭化温度によって吸着力が変化するだけでなく、600~700 を境にして、低温側で得られた木炭はアルカリ性の物質を、また、高温側で得られた木炭には酸性物質を、よく吸着する性質<sup>9)</sup>があります。

### (2) 炭化温度と調湿機能

また、著者らは炭化物の調湿機能について研究を進めてきましたが、その中で熱処理温度の違い

表3 炭化物のヨード吸着量

試料	I <sub>2</sub> (mg/g)
活性炭	1180
ヤシガラ	1050
石油ピッチ	1050
木炭	88
黒炭	307

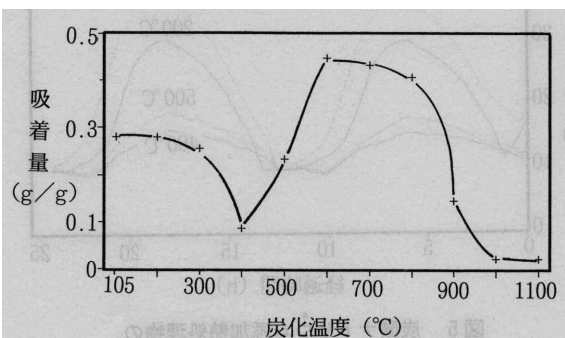


図1 炭化物の炭化温度とヨード吸着量

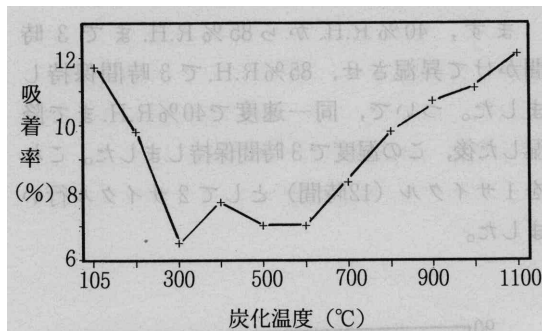


図2 炭化物の炭化温度と水蒸気吸着率

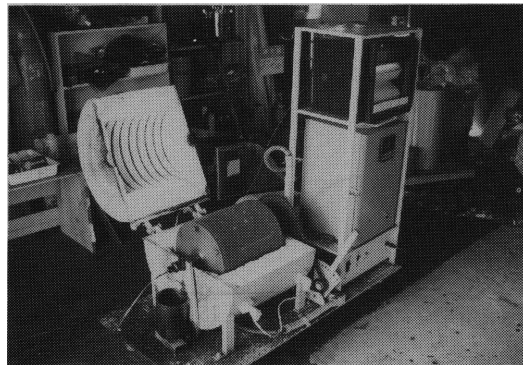


写真1 実験用外熱式横型回転炭化炉

によって、調湿機能も異なる<sup>10)</sup>ことが分かりました。

調湿機能とは、例えば室内の湿度が高くなると水分を吸着して高湿度になるのを防ぎ、また室内が低湿度になると水分を放出して室内の乾燥を防ぐような機能をいいます。

調湿機能をみる試験には、トドマツののこくずを写真1に示した実験用の外熱(5kW)式の横型回転炭化炉で熱処理したのを使いしました。熱処理の方法は、炭化炉のレトルト(10l)に試料700~800gを充てんし、回転させながら3/分の昇温速度で加熱しました。そして、所定温度に到達後、同温度に1時間保持し、その後、冷却して炭化物を得ました。

この試験では、恒温恒湿試験器内の温度と湿度をできるだけ居住環境に近い条件に設定しました。すなわち、試験環境温度を25に固定し、湿度を40% R.H. から85% R.H. の間で変化させました。このとき湿度の昇降速度と所定湿度に到達後の保持時間は下記のように設定しました。

まず、40% R.H. から85% R.H. まで3時間かけて昇湿させ、85% R.H. で3時間保持しました。ついで、同一速度で40% R.H. まで降湿した後、この湿度で3時間保持しました。これを1サイクル(12時間)として2サイクル行いました。

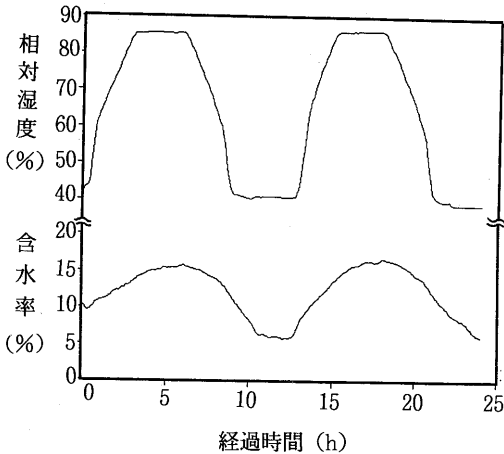


図3 相対湿度の変化とのこくずの含水率の変化

測定は、恒温恒湿器上に設置した電子天秤から試験器内部にアルミ皿(直径15cm)をつるし、この上に試料約10gを載せ、試料重量の変動を経時的に測定しました。そして、測定値から試料の含水率を絶乾基準で算出しました。

まず、熱処理をしていないのこくずの調湿機能

表4 熱処理物の熱処理温度と吸放湿量<sup>10)</sup>

熱処理温度(°C)	200	300	400	500
最大保水量(g/100g)	14.63	9.59	9.78	11.29
最小保水量(g/100g)	5.72	5.55	5.35	5.62
吸放湿量(g/100g)	8.91	4.04	4.43	5.67

表5 炭酸ナトリウム添加熱処理物の熱処理温度と吸放湿量

熱処理温度(°C)	200	300	400	500
最大保水量(g/100g)	29.64	36.80	18.62	15.80
最小保水量(g/100g)	9.55	9.62	9.08	8.86
吸放湿量(g/100g)	20.09	27.18	9.54	6.94

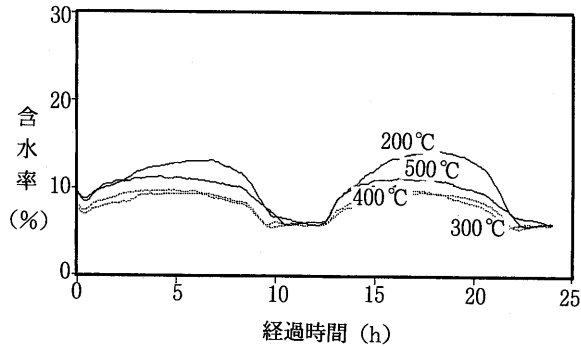


図4 熱処理物の熱処理温度と含水率の変化

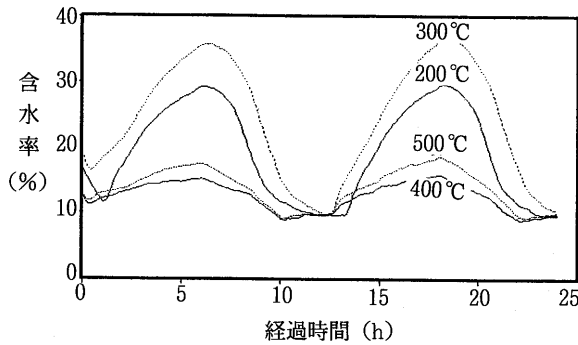


図5 炭酸ナトリウム添加熱処理物の熱処理温度と含水率の変化

をみました。図3の上部には相対湿度の変化を、下部にはのこくずの含水率の変化を示しました。図より明らかなように、相対湿度の昇降と共にのこくず試料の含水率に増減が認められます。含水率の変動は、試料の吸放湿を表わすものと考えられ、相対湿度の変化に対応して試料が吸放湿を繰り返すことが認められます。このことから、熱処理温度と含水率の関係を求めました。

図4には、のこくずを各温度で熱処理した熱処理物の含水率の変化を示しました。図5は、のこくずに炭酸ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 10部を含浸させた後、熱処理した熱処理物についての結果です。図中の数値は熱処理温度を示しています。また、表4には無添加の熱処理物、表5には炭酸ナトリウムを添加した熱処理物、それぞれの含水率から算出した熱処理物 100 g 当たりの保水量と吸放湿量を示しました。

無添加の場合、最も含水率の変化が大きい 200 熱処理物では試料 100 g 当たりの保水量が最大値で 14.63g、最小値で 9.55g であり、その差は 8.91g でした。このことから、200 の熱処理物 100g は、相対湿度の変化に対応して 8.91g を吸湿したり放湿したりすることが分かりました。

300 の熱処理物はこの実験の範囲内で吸放湿量は最も小さく、その量は 4.04g で 200 熱処理物に比べて吸湿性が低下したことが認められます。

一方、炭酸ナトリウムを添加した場合、無添加に比べて、全体的に吸放湿による含水率の変化やその差が大きくなっています。表5からも分かるように、300 熱処理物は 25%、85% R.H. の環境下で、100 g 当たり約 36.80 g の吸湿量を示しました。湿度を下げた 25%、40% R.H. の環境にすると放湿によって重量は 27g 減少します。

このように、無添加では 300~400 熱処理物は最も調湿機能が小さいのに対し、わずかな炭酸ナトリウムを加えることで大きな調湿機能を持たせられることが分かりました。

### (3) 炭化温度と油の吸着性

炭化物は、熱処理温度によってその性質が異なる

り、特に、300 で熱処理した無添加の熱処理物には疎水性が認められました。そこで、熱処理物の親油性(油吸着量)を試してみました。

油吸着材としては、多くの油を吸着して、かつ、水を吸わないことが望ましいことです。

油の吸着性能の測定に当たり、のこくず熱処理物が粉末状であることから、ティーバッグ(不織布)に詰めて試験体としました。

試験方法は、運輸省の「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律施行規則(第33条の2条2項第3号の油吸着材の規定)」に従って油と水の吸着量を測定しました。

これは、熱処理物を充てんしたティーバッグを、20 の A 重油の液面に 5 分間静置し、その後、金網上に 5 分間放置して重量を測定する方法です。熱処理物を包むティーバッグのみでも同様の試験を行い、それぞれの測定重量の差から熱処理物 1 g 当たりの油吸着量を算出しました。また、水に対しても同様の試験を行いました。

のこくずでは、300 の熱処理物 1 g 当たり 6 g ほどの油吸着量でした。

次に、熱処理物の形状について検討しました。その結果、吸着面積を大きくするために資料を繊維(綿状)状にして熱処理すると、油の吸着効果がより高まることが分かりました。そこで、試料を繊維状にした後に熱処理したものをを用いて、熱処理温度に対する油吸着量の関係をみてみました。その結果を図6に示します。

図に示されているとおり熱処理温度が 350 前後で得られた熱処理物が、最も油吸着量が多いこ

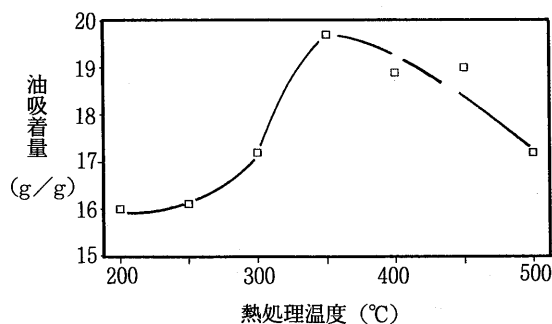


図6 熱処理物の熱処理温度と油吸着量

とが分かりました。さらに、この熱処理物は、石油などの鉱物性油だけではなく、サラダ油やゴマ油などの植物性油も十分吸着することが認められました。

なお、吸水量の測定も行いましたが、運輸省が規定している水面上に静置するこの方法では、試料が水をはじいてしまい、吸水による重量増加はほとんど認められませんでした。これらのことから、吸水試験方法についてはさらに検討を加える必要があるものと思われます。

これまで、木炭の性質や特徴について述べてきました。木炭は原料である木材の組織構造をそのままひきついでいますから多孔質です。また、木材を低温で熱処理した熱処理物と、高温で炭化した黒炭、さらに高温で得られる白炭とではそれぞれ性質が異なります。次回はこれらの熱処理物や木炭の用途について触れたいと思います。

#### 参考資料

1) 岸本定吉：山林，1307，41～48（1993）

- 2) 杉浦銀治，栗山 旭：第19回日本木材学会大会研究発表要旨集，155（1969）
- 3) 環境を守る炭と木酢液，炭やきの会，社団法人 家の光協会（1991）
- 4) 岸本定吉：林業試験場研究報告，85，136～217（1953）
- 5) 木材工業ハンドブック，林業試験場編，丸善（1958）
- 6) 阿倍房子，岸本定吉，雲林院源治：林業試験場研究報告，126，114～124（1960）
- 7) 柳井 弘：活性炭読本，日刊工業新聞社（1960）
- 8) 里中聖一：北大農演習林研究報告，22（2），609～814（1963）
- 9) 岸本定吉：炭，丸の内出版，178（1976）
- 10) 斎藤 勝：林産試験場報，4（5），20～23（1990）
- 11) 斎藤 勝ほか：第43回日本木材学会大会研究発表要旨集，533（1993）

（林産試験場 物性利用科）