

2 木炭の種類と特性

千葉大学グランドフェロー（元千葉大学総合安全衛生管理機構 教授）

立本 英機

1. 木炭の種類

木炭（単に炭とも言う）の種類には大きく2種類があり、「白炭」と「黒炭」と呼ばれるものがある。木炭は酸素の少ないところで加熱して作られるが、両者の違いはその製法の違いにある。

「白炭」は、炭化の終わるころに窯の口を開け、空気を窯の中に多量に入れると、中の炭に火がついて、窯の中の温度は一気に1,000℃以上になる。その後、頃合いをみて引き出した炭に、多少の湿り気を帯びた灰をかけて空気を遮断、消火する。灰が炭の表面に付着して白灰色になる。白炭の代表はウバメガシを原料として生産される備長炭で、非常に硬くて、たたくとカーンという音がする。

「黒炭」は、炭化が終わった段階で、窯の口も煙突も密閉して徐々に窯の火を消し、冷やす。炭化させたまま、特に手を加えないので、真っ黒である。スギやマツを700℃前後で炭化してくる。柔らかくジャリジャリという音がする。炭窯もいろいろなタイプ（土窯、伏焼窯、機械窯など）があるが、主な産地の窯は土窯である。表-1に日本の炭化炉の分類を示す。

表-1 日本の代表的な炭化炉の分類

分類	名称	炭化形式	加熱方式	炭化温度	温度調整	炭化時間	炭材
固定床	伏せ焼き法	窯を作らず炭材に直接土や鋸屑をかけて炭化する最もシンプルな窯	内熱	300~500	困難	2~4日	大きめな原木
	黒炭窯（土窯）	日本古来の粘土で作った黒炭を焼く窯	内熱	520~840	困難	7~17日	主に広葉樹原木
	白炭窯（石窯）	日本古来の耐熱性のある石、レンガで作った窯	内熱	850~1100	困難	2~10日	広葉樹原木
	煉瓦炉（ブロック炉等）	煉瓦等の新しい耐熱材で作った角形の炉	内熱	350~800	困難	2~10日	間伐材、建築廃材その他
移動床	簡易移動炉	鉄製堅型円筒、又は横置き式円筒で炭化し移動可能な炉	内熱	300~500	困難	1~2日	大きめな原木
	平炉	鋸屑、パーク等の簡易炭化炉で煉瓦、コンクリートのピットで下向き通気で炭化	内熱	350	困難	2~7日	鋸屑、チップ
	乾留炉	鉄レトリートに入れた炭材を外熱で炭化する	外熱	350~500	やや困難	1日	大きめな原木
移動床	流動炉	床より空気を吹き上げ炭材を流動させて炭化する炉、攪拌機付きが多い	内熱	380~450	可能	15~30分	鋸屑、チップ
	スクリュウ炉	スクリュウでレトリート内を移送し、外熱で炭化する炉	外熱	350~500	やや困難	25~40分	鋸屑、チップ
	ロータリー炉	円筒型の炉を回転させ、内熱又は外熱で炭化して行く炉	内熱 外熱	400~700 400~600	可能 やや困難	15~30分 30~40分	鋸屑、チップ
移動床	反復揺動炉	内熱ロータリーと流動炭化をひとつに組み合わせた様な炉	内熱	500~1000	可能	15~30分	鋸屑、破砕材
	堅型移動炉	堅型のレトリート内を炭材が落下する間に炭化をする炉	内熱 外熱	600~850	やや困難	15~30分	チップ
	多段炉	多段の火床上を回転しながら落下させて炭化をする炉	内熱	450~500	やや困難	30分	チップ

発火温度：℃

木炭を説明することは簡単のようで、以外と難しい。原料となる木材は、セルロース、ヘミセルロース、リグニンや炭素、酸素、水素などの物質からできており、これを加熱すると160~400℃で熱分解、260~800℃で炭化、1,800℃で炭素化する。酸素がない時、あるいは少ないところで加熱をすると、300℃前後から急に組成分解を始め、二酸化炭素、一酸化炭素、水素、炭化水素がガスとなり、揮発と炭化が進む。木質材料を炭化したときの重量変化を測定した例をみると、温度領域が重複するところもあるが、60~200℃において熱減成、160~400℃で熱分解、260~800℃木炭化、600~1,800℃で炭素化および1,600℃以上で黒鉛化が起こるとされている（図-1）。炭化することで多孔質の炭ができ、木炭の表面積は200~500m²/gにもなる。炭1gでこの比表面積であるから、小さな孔が如何にたくさんあるかがわかる。たき火をした後に残る真っ黒な残り炭は、空気がたっぷりあるところで炭化するので、揮発したガスに火がつきよく燃える。

2. 木炭の特性

木炭の特性は多孔質の吸着材として、利活用に有用な役割を果たす。木炭の吸着に及ぼす要因としては、木炭の比表面積や細孔分布、溶質に対する引力、競合作用、イオン化、共吸着、系内の各種分子の大きさなどである。以下に主な特性となる事項を概説する。

(1) pH

一般に高い温度で炭化した白炭の表面はアルカリ性を示す官能基が、また低い温度で炭化した黒炭は酸性を示す官能基が多くなり、水に浸けた時、前者はアルカリ性を示し、後者は酸性を示す。例えば、アンモニアが多いトイレでは、雰囲気はアルカリ性なので備長炭（白炭）を置いても効果がないが、スギ炭やマツ炭（黒炭）を置くと臭いよく取れる。このように木炭の種類によってその効果が大きく異なるし、除去される物質によっても又異なる。

(2) 比表面積と細孔分布

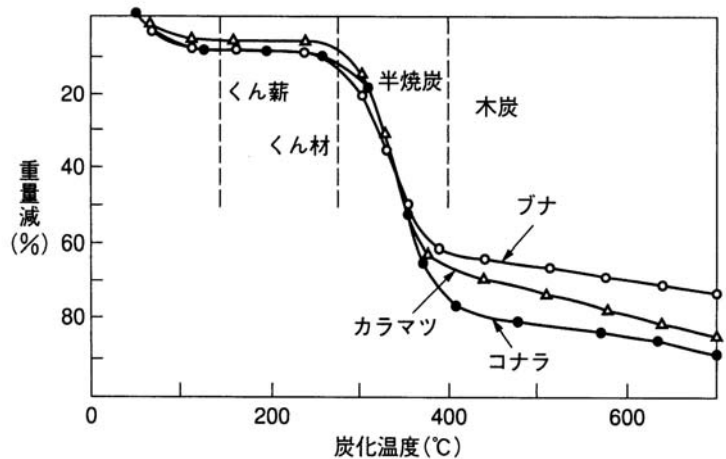
木炭は多孔性の物質で、走査型顕微鏡で観察すると細かい孔が無数に存在していることがわかる。それらの孔の中をチッ素ガスや水で飽和させ、それらの飽和量から比表面積や細孔分布を算出すると、多くの木炭の比表面積は $200 \sim 400 \text{ m}^2/\text{g}$ の範囲にあるが、最近では炭化技術の向上により $700 \text{ m}^2/\text{g}$ 以上の炭も見られる。また細孔分布 $10 \sim 30 \text{ nm}$ の炭が多い。表-2及び図-2に市販木炭の比表面積や細孔分布を示す。

表-2 市販木炭の細孔分布特性

木炭名(産地)	細孔容積 ^{a)} (ml/g)	比表面積 ^{b)} (m^2/g)
カシ黒炭 (高知)	0.453	325
カシ白炭 (大分)	0.315	349
カシ白炭 (高知)	0.172	308
ウバメガシ備長炭 (和歌山)	0.180	124
クヌギ黒炭 (福島)	0.336	343
ナラ黒炭 (岩手)	0.544	343
イタヤカエデ黒炭 (岩手)	0.825	396
ゴム黒炭 (マレーシア)	1.62	270
ラワン黒炭 (マレーシア)	0.412	381
ミツマタ黒炭 (徳島)	6.41	336
オガ炭 (広島)	0.190	372
オガ炭 (奈良)	0.221	317
タケ炭 (高知)	0.293	319
タケ炭 (福島)	0.401	316
ヤシ殻炭 (フィリピン)	0.292	314
ヤシ殻炭 (マレーシア)	0.111	243
スギ黒炭 (兵庫)	1.54	388
ヒノキ黒炭 (奈良)	—	405

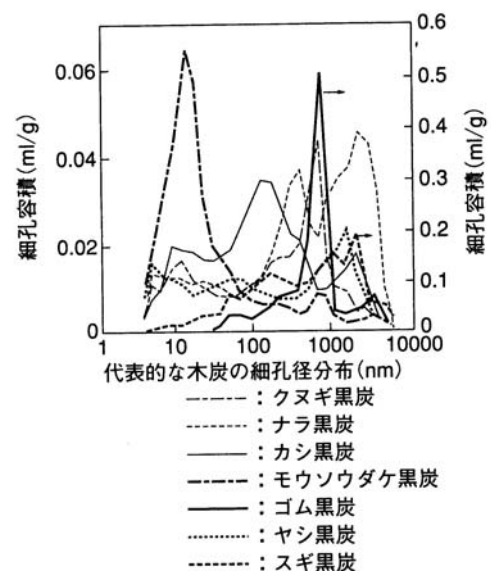
a) ポロシメーターによって得られた細孔半径が約 $3.7 \text{ nm} \sim 6.5 \mu\text{m}$ の範囲の細孔容積

b) ヨウ素吸着法によって得られた値



(出典：谷田貝光克資料提供)

図-1 炭化温度と重量変化



(出典：安部郁夫資料提供)

図-2 細孔径分布曲線

(3) 吸着力

木炭の大きな働きに、吸着という現象がある。一般に吸着には「物理吸着」と「化学吸着」があり、表-3のようにいわれている。前者は気相（ガス相）中で、後者は液相で木炭や活性炭など吸着材を用いた時の吸着の仕方をいっている。例えば、トイレの脱臭や床下調湿の時は物理吸着である。また水質浄化に用いた時は化学吸着である。しかし実際には明確にどちらの吸着現象であるかを区別することは大変難しい。簡単にいえば、吸着される物質（汚染物質など）と吸着する物質（木炭や活性炭）との引っ張りの度合いで、引っ張りの度合いが強いときは化学吸着であり、弱いときは物理吸着といえる。

次に、吸着される物質（被吸着材）の大きさと吸着材のもっている孔の大きさによっても大きく異なる。

細孔の大きさは一般に図-3のように、マクロ孔、メソ孔、およびマイクロ孔に区別されている。木炭に存在する孔は大別すると2種類のものがある。1つはマクロ孔と呼ばれている仮道管孔で、10~40 μm 径の比較的大きな孔である。もう1つは、炭化のとき細胞壁内部にできたマイクロ孔と呼ばれる孔で、1~5 nm 程度の小さなものである。被吸着材の大きさと吸着材の孔の大きさと合っていると吸着量は大きくなる（巻頭：走査型電子顕微鏡写真 参照）。木炭の孔の大きさに比べて、被吸着物質の大きさが大きいときは木炭の表面のみで吸着されるのみなので吸着量は少ない。また、小さいときは孔の中に吸着されず、入ったり、出たりするので吸着されることは著しく少ない（図-4）。

なお、社団法人全国燃料協会および日本木炭新用途協議会では、木炭の規格および新用途木炭の用途別基準を定めて公表（表-4、表-5）している。

表-3 化学吸着と物理吸着

吸着特性	化学吸着	物理吸着
吸着力	共有結合 静電引力 イオン交換作用	ファン・デル・ワールス力 疎水性相互作用
吸着場所	選択性あり	選択性なし
吸着層の構造	単分子層	多分子層も可能
吸着熱	10~100 kcal/mol	数 kcal/mol 以下
活性化エネルギー	大きい	小さい
吸着速度	遅い	速い
吸着・脱着	可逆または非可逆	可逆
代表的な吸着の型	ラングミュア型	BET型

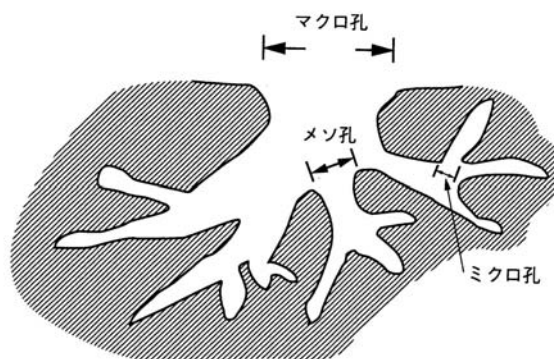


図-3 木炭の細孔構造モデル

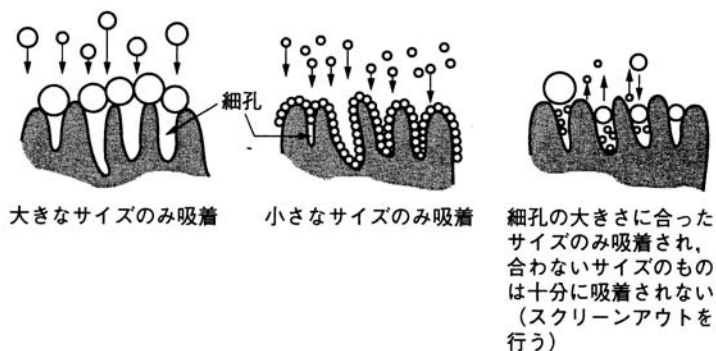


図-4 分子サイズの違いによる吸着モデル

表－4 木炭の規格

1 適用の範囲

この規格は、木炭に適用する。

2 定義

この規格は次の各号のとおりとする。

- 1 木炭とは木材を炭化して得られたものをいい、種類及び定義は次による。

種類	定義
黒炭	窯内消火法により炭化したもの。
白炭	窯外消火法により炭化したもの。
備長炭	白炭のうちウバメガシ（カシ類を含む）を炭化したもの。
オガ炭（黒）	鋸屑・樹皮を原料としたオガライトを炭化したもの。
オガ炭（白）	鋸屑・樹皮を原料としたオガライトを炭化したもの。
その他の木炭	黒炭・白炭・備長炭・オガ炭（白・黒）以外の木炭。

注（1）炭化とは、着火後木材が熱分解を始めてから精煉を経て消火までの間をいう。

- 2 原料による定義は次による。

	定義
原料	木材をいう。 ただし、薬剤、防腐剤、防蟻剤、接着剤、塗料などを使用していないもの。

- 3 木炭の形状による区分及び定義は次による。

区分	定義
塊炭（丸）	丸もの（割らない原木）を炭化したもの
塊炭（割）	割った原木を炭化したもの
塊炭（その他）	粒径が30mm以上のもの
粒炭	粒径が5mm以上から30mm未満のもの
粉炭	粒径が5mm未満のもの

3 品質

木炭の品質は次による

区分	品質
黒炭	固定炭素は75%以上、精煉度が2～8度の木炭
白炭	固定炭素は85%以上、精煉度が0～3度の木炭
備長炭	固定炭素は90%以上、精煉度が0～2度の木炭
オガ炭（黒）	固定炭素は70%以上、精煉度が2～8度の木炭
オガ炭（白）	固定炭素は85%以上、精煉度が0～3度の木炭
その他の木炭	固定炭素は55%以上、精煉度が4～9度の木炭

注（1）精煉度とは炭化の度合いを示すもので木炭表面の電気抵抗を測り、0～9度の10段階で表示したもので、木炭精煉計により測定する。

注（2）精煉度と炭化温度の関係は、以下の通り。

- ア. 精煉度が0～1度は炭化温度900℃以上。
- イ. 精煉度が1～2度は800℃以上900℃未満。
- ウ. 精煉度が2～5度は700℃以上800℃未満。
- エ. 精煉度が5～7度は600℃以上700℃未満。
- オ. 精煉度が7～8度は500℃以上600℃未満。
- カ. 精煉度が8～9度は400℃以上500℃未満。

なお、炭化温度とは窯内（土窯及びそれに類するもの）の天井最上部から10cm下がった所の温度である。

4 包装

木炭の包装は堅固で内容物のもれないものとする。

5 表示

この規格に適合した木炭については、次の表示をするものとする。

- 1 種類
- 2 樹種名等
- 3 形状
- 4 正味量目「キログラム（kg）単位で記載し、粉炭についてはリットル（ℓ）単位の記載も可とする」
- 5 木炭生産地
- 6 製造者の住所又は電話番号・氏名（団体名・会社名）

表－5 新用途木炭の用途別基準

炭化する原料は、薬剤、接着剤、塗料などを使用していないものとする。

区 分	該当する木炭	品 質		そ の 他	
		水 分	精煉度		
生活環境資材用	炊飯用木炭	800℃以上で炭化した木炭で樹皮が付着していないもの		0～4	包装は、通気性、通水性、耐熱性を維持するもの。木炭から溶出する物質のうち、飲料水に影響を及ぼすような物質が水道法（昭和32年法律第177号）第4条に基づく水質基準に関する省令の適用基準以下であること。
	飲料水用木炭	800℃以上で炭化した木炭で樹皮が付着していないもの		0～4	包装は、通気性、通水性、耐熱性を維持するもの。木炭から溶出する物質のうち、飲料水に影響を及ぼすような物質が水道法（昭和32年法律第177号）第4条に基づく水質基準に関する省令の適用基準以下であること。
	消臭用木炭	600℃以上で炭化した木炭	15%以下	—	包装は、腐食せず通気性、調湿性を損なわないもの。
	風呂用木炭	800℃以上で炭化した木炭		0～4	包装は、通気性、通水性、耐熱性を維持するもの
	寝具用木炭	600℃以上で炭化した木炭		—	包装は、通気性、調湿性を損なわないもの。
	鮮度保持用木炭（花き、野菜などの鮮度保持）	800℃以上で炭化した木炭	10%以下	—	包装は、腐食せず、通気性を維持し調湿性を損なわないもの。
住宅環境資材用	床下調湿用木炭	400℃以上で炭化した木炭	15%以下	—	包装は、腐食せず、通気性を維持し調湿性を損なわないもの。
	室内調湿用木炭	400℃以上で炭化した木炭	15%以下	—	包装は、腐食せず通気性、調湿性を損なわないもの。
	建材用木炭（ボード、シート、塗料など）	600℃以上で炭化した木炭		—	包装は、腐食せず、通気性を維持し調湿性を損なわないもの。
農林・緑化・園芸用	土壌改良用木炭	400℃以上で炭化した木炭（植物性の殻の炭を含む）		—	地力増進法の規定に準ずる。（昭和59年法律第34号）
	融雪用木炭	400℃以上で炭化した木炭		—	
水処理用	環境保全用木炭（河川、湖沼、池、家庭排水、養殖場、産業排水などの水処理）	600℃以上で炭化した木炭	15%以下	—	木炭から溶出する物質のうち、処理水に影響を及ぼすような物質が環境基本法（平成5年法律第92号）第16条に基づく水質汚濁に係る環境基準の適用基準以下であること。
	水質改善用木炭	800℃以上で炭化した木炭で樹皮が付着していないもの		0～4	包装は、通気性、通水性、耐熱性を維持するもの。木炭から溶出する物質のうち、飲料水に影響を及ぼすような物質が水道法（昭和32年法律第177号）第4条に基づく水質基準に関する省令の適用基準以下であること。
畜産用	飼料添加用木炭	400℃以上で炭化した木炭		—	
	臭気防止用木炭	600℃以上で炭化した木炭	15%以下	—	

注（1）精煉度は、木炭表面の電気抵抗値を10段階に表示して炭化の度合いを示すものであり、木炭中に含まれる固定炭素の大小を知る目安になる尺度である。炭化温度が高く、精煉がよく行われていれば、炭素以外の不純物の含有率は小さく、固定炭素の割合が大きくなり、電気抵抗は小さくなる。

注（2）精煉度と炭化温度の関係、及び炭化温度については、「木炭の規格」（平成15年3月）の「3 品質」の注（2）に準ずる。なお、食品衛生法に定める既存添加物名簿（平成8年4月16日厚生省告示第120号）の446番として木炭（竹材又は木材を炭化して得られたものをいう。）は記載されています。

（木炭の新しい使い方、社団法人全国燃料協会・日本木炭新用途協議会、2004）