

# 炭化・精煉メカニズムの探究

鈴木 哲

木材を燃やすと「おき」といって炎をあげずに燃える赤熱状態のものができる。それを消粉で覆うと、消し炭ができ、それが煙のでないきれいな燃料であることは、古くから知られている。有機物を適当な条件下で加熱すると、熱分解を経て炭素に富んだ物質、すなわち無定形（無晶形）炭素となる。この反応を炭化というが、熱分解反応の過程はその物質により千差万別で、炭化の機構もまだ十分明らかでない。ここでは、木材の炭化・精煉のメカニズムについて検討、考察した。

〔キーワード〕 高等学校 化学 木材 熱分解 炭化 精煉 木炭

## 1. はじめに

木材を燃やすと、「おき」といって炎をあげずに燃える赤熱状態のものができる。それを湿気を帯びた土、灰などの混合物である消粉で覆うと、消し炭ができ、それが煙のでないきれいな燃料であることは、古くから知られている。

有機物を適当な条件下で加熱すると、熱分解を経て炭素に富んだ物質、すなわち無定形（無晶形）炭素となる。この反応を炭化というが、熱分解反応の過程はその物質により千差万別であり、炭化の機構はまだ十分明らかでない。

この熱分解の過程を、実験室的な取り扱いで、探究することは、

- (1) 身の回りにある物質の教材化。
- (2) 探究する過程を通じた、科学的な見方や考え方の育成。

などの観点からも、極めて有効である。

また、木炭は炭化、精煉の温度などの条件により、電気的性質、磁氣的性質、機械的性質など種々の性質が様々変化することから、探究するに当たって、

- (3) 事象の裏に潜む化学の基本的な原理・法則の再発見。
- (4) 興味ある貴重な学習体験となる。

ここでは、実験室的な規模で、直接、木材の熱分解を行い、木材の炭化・精煉のメカニズム

について検討、考察することをねらいとした。

## 2. 製炭法の原理

空気の供給を断ち、あるいは制限しながら木材を加熱し、木材質の一部を揮散させると同時に、一部を炭素を主成分とする木炭として残留させる。この揮散する成分は、木材質が酸化されて生じた二酸化炭素、一酸化炭素、水のほか酸素を含まない炭化水素などであるが、炭化温度を適当に調節すればアルコール、アルデヒド、ケトン、有機酸、フェノールなどの酸素を含む化合物も生ずる。

製炭は、木炭の採取を主目的とする事業で、最も普通に行われている築窯製炭法には、木材を炭窯内で炭化した後、窯口、炊き口及び煙突口を密閉して消化し、冷却後、窯から炭を取り出す方法、すなわち窯内消化法と、木材を炭窯内で比較的低温で徐々に炭化し、終わりには高温に熱してねらし（精煉）をかけ、ほとんど白熱状態になったものを窯の外にとり出し、消粉でおおって急速に冷却する製炭法、すなわち窯外消化法とがある。

また、木炭の他に揮散する部分の有用成分の採取もあわせて目的とする事業を木材乾留とよんで、製炭と区別している。木ガス、木酢液、木タールや樹種特性と関連のある抽出成分などを含む工業の区分である。

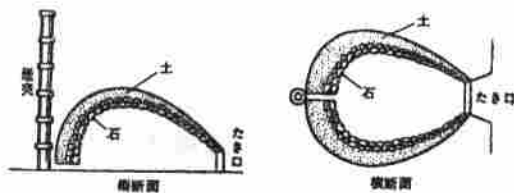


図1 炭焼きがま (石がま)

### 3. 使用器具

以下に示す器具を使用した。

電気炉：島津製電気マッフル炉MPN-4N

乾燥器：マリス製電気定温乾燥器

熱電対：GLOBAL WELL製DMM GBW-9000 K型

デジタルマルチメーター：横河製DMM7536

電子天秤：島津製LIBROR EB-4300DW

## 4. 実験結果と考察

### 4.1. 操作方法

- (1) 適当な大きさの木材を、105℃の乾燥器にて恒量になるまで、繰り返し乾燥させる。
  - (2) ステンレス皿上に木材をおき、スチール缶で蓋をし、皿の底部を加熱する。
  - (3) 木ガス等の煙が出なくなったら、木材を裏返し、裏面を同様に加熱する。
  - (4) 次に、ルツボの中に移し、マッフル炉を用い、全体を均一に赤熱させる。
  - (5) 赤熱後、消火砂を用い、消火冷却する。
  - (6) スチール缶に付着した物質の重量を測る。
  - (7) 炭化された木材の電気抵抗をデジタルマルチメーターで測る。
  - (8) 堅さや光沢等の外観を観察、記録する。
- 注) 温度の設定は、スチール缶で蓋をしたステンレス皿の直上部を熱電対で計測した。



図2 簡易製炭装置

### 4.2. 木炭の生成条件

炭化、精煉の温度や木材の樹種などの条件により、生成される木炭の電気的性質、磁気的性質、機械的性質など種々の性質は、様々に変化する。

炭化、精煉の温度と付着物質量、電気的性質、収炭率との関連性や木材の樹種による影響について、検討を行った。

#### 4.2.1. 炭化温度による付着物質量の変化

炭化の温度と付着物質量の関係について、検討を行うため、イチイ、ミズナラ材を用い、温度条件を0～530℃と変化させ、分解条件①ではスチール缶表15分・裏10分、分解条件②ではスチール缶表40分・裏20分で炭化し、スチール缶内に付着する物質量を測定した。得られた結果を図3に示す。

熱分解によって生成する付着物質量は、一方では、温度約340～360℃付近までは、温度とともに増加する傾向にある。他方、スチール缶内で生成、付着した物質量は、温度上昇、時間の経過とともに、更に分解し、より低分子量のガスに変化するため、減少する傾向がみられた。

「一般に、木材の熱分解は、約300℃から始まり、360℃にいたってほぼ終了する。」と言われていることと、ほぼ一致した結果となった。

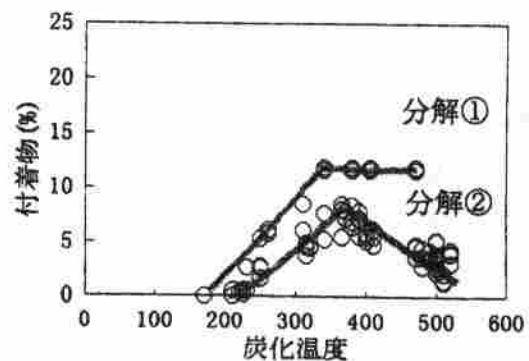


図3 炭化の温度と付着物質%

樹種：イチイ、ミズナラ

分解①：スチール缶表15分・裏10分

分解②：スチール缶表40分・裏20分

#### 4.2.2. 精煉温度による電気的性質の変化

精煉の温度と電気的性質の関係について、検討を行うため、イチイ、ミズナラ材を用い、温度条件を0~1200℃と変化させ、0~500℃ではスチール缶表40分・裏20分、600~1200℃ではスチール缶表30分・裏15分・坩堝15分で炭化、精煉した。得られた結果を図4に示す。

精煉の温度を高めるほど、電気的性質は大きく変化した。堅さは期待したほどの大きな変化は認められなかった。

実際の製炭法においても、炭化の末期に、木炭の性質（炭化度、堅さ）を向上させるために、黒炭の製造では、700~800℃に、また白炭では800~1100℃に高める操作、ねらしが製品化の過程において行われている。

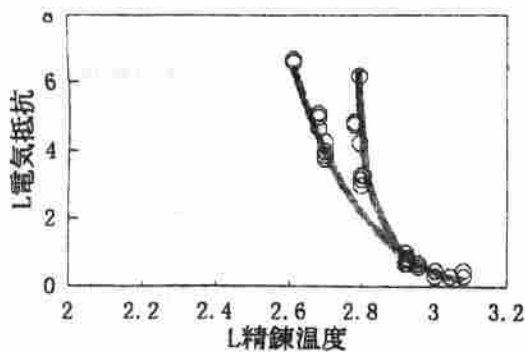


図4 精煉の温度と電気抵抗

樹種:イチイ, ミズナラ

0~500℃:スチール缶表40分, 裏20分

600~1200℃:表30分, 裏15分, 坩堝15分

石墨は、炭素原子のL軌道にある4個の電子のうち、2個が共有単結合し、他の2個が共有二重結合にあずかることもできような結合の仕方、正六角形をなした炭素原子の層が積み重なっている。層内の炭素原子は共有結合であるから、相当強固であるが、層と層との結合は金属結合であって弱い。

石墨は二重結合をもっており、その位置は一定しているものでなく、各結合がある程度二重結合性をもつように電子が動き回っているの、

完全な単結合を有する金剛石よりも、はるかに電導性が大きい。

無定形炭素も、X線構造解析の方法により実験された結果、石墨型の結晶構造が見いだされている。無定形炭素は、生成条件によって結晶粒子の大きさや集合状態を異にした石墨で、温度を高めるほど、その傾向がより顕著となる。

#### 4.2.3. 炭化、精煉温度による収炭率の変化

炭化、精煉の温度と収炭率の関係について、検討を行うため、イチイ、ミズナラ材を用い、温度条件を0~1200℃と変化させ、0~500℃ではスチール缶表40分・裏20分、600~1200℃ではスチール缶表30分・裏15分・坩堝15分で炭化、精煉した。得られた結果を図5に示す。

500~600℃付近まで、収炭率は暫時減少する傾向にあるが、500~600℃以降では、ほぼ一定となり、大きな変化は認められなかった。

通常、木炭の収量は生材に対する%（収炭率）で示すのが慣例であり、この表示法によれば、大体、低温（700~800℃）の黒炭は17~20%、高温（800~1100℃）の白炭は12~15%といわれている。

本法は、電気定温乾燥器で105℃処理した、乾燥材に対する%表示を用いた。なお、サンプルとして用いたミズナラでは、60%前後の水分量が測定された。

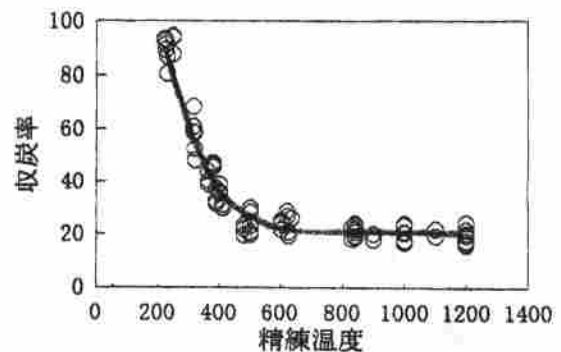


図5 炭化、精煉の温度と収炭率

樹種:イチイ, ミズナラ

0~500℃:スチール缶表40分, 裏20分

600~1200℃:表30分, 裏15分, 坩堝15分

#### 4.2.4. 樹種による木炭化への影響

樹種による木炭化への影響について、検討を行うため、北海道産、和歌山県産、輸入材を含む、比重0.704~1.11の10種の木材をサンプルとし、スチール缶炭化500℃・25分、坩堝精煉840℃・15分で実験した。得られた結果を図6に示す。

比重や樹種と収炭率、付着物質質量、電気抵抗などとの間に、特異的な関係を認めることはできなかった。

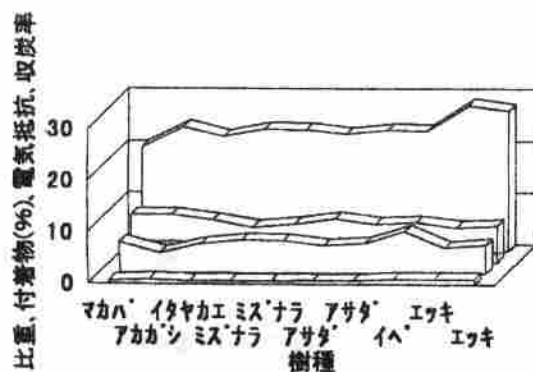


図6 比重と収炭率, 付着物質%, 電気抵抗

樹種:マカハ(北海道産)アカシ(和歌山県産)  
イヤカエ(北海道産)ミナラ(北海道産)  
アサダ(北海道産)イハ(輸入材)  
エッキ(別名ホソコシ, 輸入材)

500℃・スチール缶表15分・裏10分

840℃・坩堝15分

#### 5. 教材化への展望

探究活動における「木炭」の教材化については、様々な形態で取り組みが可能である。

その学習上の利点を探ってみると、

- (1) 木材の乾燥, 炭化, 精煉, 重量測定など, 極めて簡単な操作で高度の技術を要しない。
- (2) 空き缶, ステンレス皿, バーナーなどの使用器具が手近にある。
- (3) 木材の選定, 実験, 結果, 考察などの有機的結合による探究活動で, 生徒が興味・関心をもち, 自主的・自律的な探究活動が

行える。

(4) 木材の乾燥, 炭化, 精煉, 付着物質質量, 電気的性質の定量化と相関など, 結果が明確で, その解明が容易である。

(5) 木材の炭化, 精煉を通して, 木材の有効的利用法などを正しく把握し, 認識することができる。

(6) 人と木材環境との関わりについて, 分析的・総合的に判断し, 理解と認識を深めることができる。

などをあげることができる。

#### 6. おわりに

「木炭」の教材化に向けての, 指導のねらいや指導内容・方法, さらにそれらの指導上の工夫等についての報告が少ないが, 身近な木材を素材とした探究活動は, 生徒一人一人が多様な取り組みを展開することが期待できる。

また, 北海道は広い大地に, 豊かな自然が四季折々に展開する特色を有しており, その自然の中でたくましく育成する木材と人に焦点を当て, 探究活動を展開することは意義あることと思われる。

特に, 木材と人に対する総合的な見方, 考え方についても, その対象とする範囲が, 地域的, 局地的な区分に留まらず, 地球的規模の視野に立ち, 理解を深めることが可能となる。

最後に, 適切な指導と助言をいただいた北海道大学工学部工藤憲三技術主任, 北海道立林産試験所松本章主任研究員, 弟子屈高等学校中村隆信教頭に感謝の意を表します。

#### 主な参考文献

- 1) 文部省(1989):「高等学校学習指導要領」. 大蔵省印刷局
- 2) 文部省(1989):「高等学校学習指導要領解説理科編・理数編」. 実教出版
- 3) 今村他(1983):「木材利用の化学」. 共立出版

(すずき さとし 化学研究室長)