



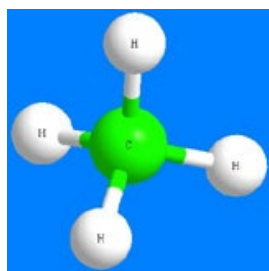
## Q67

### 炭はなぜ黒いのですか？

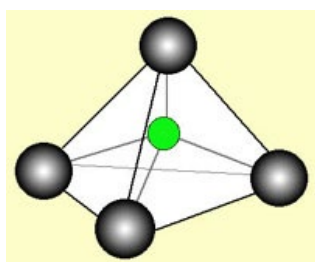
#### 黒いもの

黒いものには何がありますか？カラス、闇夜、スス、炭、墨、石炭、鉛筆の芯、自動車のタイヤなどですね。黒は可視光線のすべての波長の光を吸収するので、光が反射して目まで届かないので黒いのですね。

炭は炭素 (C) でできています。炭素の原子番号は 6 ですが、4 個の電子で結合します。簡単な分子であるメタン ( $\text{CH}_4$ ) では、炭素に 4 個の水素が結合しています。炭素からでている 4 つの水素が、空間上で重ならず配置されるには、四面体の構造になります。4 面体では、全ての面が正三角形です。



メタンの分子モデル



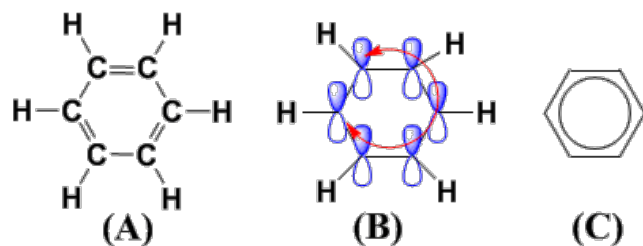
メタンは正四面体の中心に炭素

炭は炭素だけでできていますので、メタンの水素を抜いて炭素を入れて、炭の構造に近づけていきます。

炭素が 6 個で六角形になった分子は、ベンゼンです

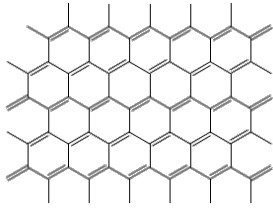
(A)。隣の炭素とは形式上一重結合と二重結

合でできていて、水素が 1 個結合しています。実際は、炭素は隣の 2 個の炭素、水素と共有結合しています。炭素は 4 個の電子が結合に使われますので、1 個の電子が余ります。この電子はベンゼン環の中で自由に動き回ることができます (B)。それで、ベンゼンは (A) ではなく、(C) のように書くのが、より正しいでしょう。



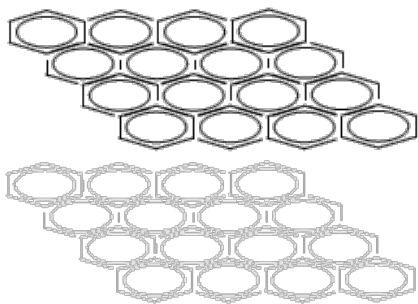
ベンゼンの構造

さらに水素を無くすために、ベンゼンの水素を取って、そこにベンゼンを結合していきまると、ベンゼン環が平面に並んだシートができ、炭の構造になります。炭素にある自由な電子は、このシート上を自由に動き回ることがことができます。それは、金属の性質に近づいていますので、電気が流れる導電性を示すようになり、熱エネルギーのよく伝わるようになります。このような構造では、いろいろな波長の光を吸収することができ、色は黒くなるのです。



黒鉛のシート構造

炭は木材を蒸焼きにして作りますが、天然には炭素からできた鉱物があり、これが黒鉛（グラファイト、Graphite）ですが、黒鉛ではなく炭素からできています。黒鉛は、軟らかくてよく滑るので、潤滑剤や鉛筆の芯に使われています。その構造は、上のベンゼンが広がったシートが積み重なった層状構造です。シートは強く簡単には壊れませんが、シートとシートの間の結合（van der Waals 力）は弱いので、シートが滑るので、黒鉛は軟らかいのです。鉛筆で紙に字を書くと、芯の黒鉛から滑ったシートが紙について黒い文字が見えます。また、黒鉛は電気が流れるので、電池の電極にも使われます。

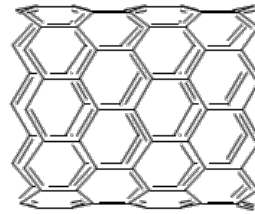


黒鉛の層構造

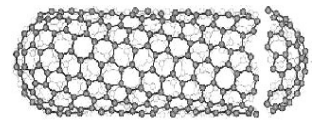
### フラーレンとカーボンナノチューブ

グラファイトのシートを海苔巻きのように巻くと、チューブができます。いろんな太さのものができますが、太さがナノオーダーのものがカーボンナノチューブ（CNT）です。もちろん、電気が流れますし、いろんな用途が考

えられています。ブラウン管（Q&A 06）では、高圧の電気で金属から電子を飛び出させます。しかし、カーボンナノチューブでは、簡単に電子を出すことができますので、省エネのディスプレイを作ることができます。技術的には、カーボンナノチューブを立てて並べるのが簡単ではありません。



カーボンナノチューブ

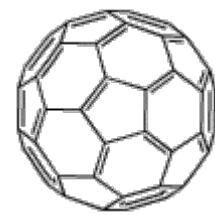


末端が閉じたもの

カーボンナノチューブでは、末端が閉じたものがあります。この場合、六角形を並べただけでは、いつまで行っても閉じることはできません。閉じるためには、五角形が必要になります。六角形と五角形を組み合わせることにより、サッカーボールを作ることができます。炭素でできたサッカーボールがフラーレンです。フラーレンでは、内部に金属を入れることができますので、おもしろい性質がみられます。炭素数が60のものをC60、70のものをC70と言います。



サッカーボール



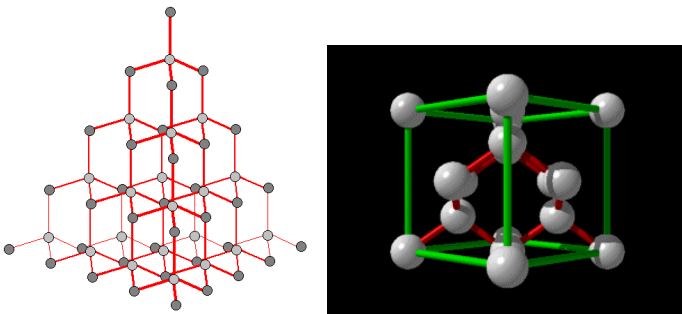
フラーレン

不活性ガスを充満した容器の中に、黒鉛の電極を二つ並べて置き、直流電流を流すと火花が飛びます。そして、容器の壁にススのようなものが着きますが、それがフラーレンです。また、火花が飛んだ電極に

もススが付いているのですが、その中にカーボンナノチューブがあります。

## ダイヤモンド

ダイヤモンドも化学的には炭素からできているので、黒い黒鉛と同じです。どちらも天然に鉱物として得られる結晶です。しかし、その性質や結晶構造はまったく異なり、ダイヤモンドは透明ですが、黒鉛は黒です。このように、成分が同じで結晶構造が異なるものを多形体 (polymorphs) といいます。



ダイヤモンドの構造

構造の1単位

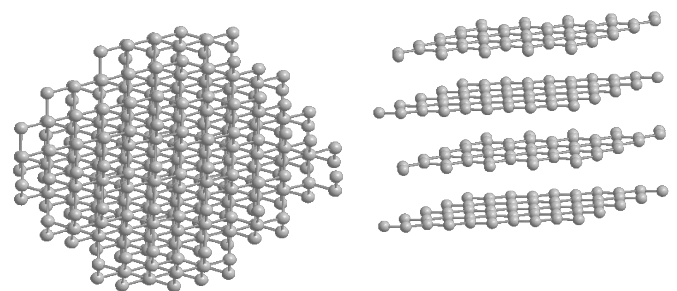
ダイヤモンドと黒鉛は見た目では違いますが、硬さが違います。硬さは、モース硬さ (Mohs Hardness Scale) で1から10で表しますが、黒鉛は硬さが1-2ぐらいで柔らかく、ダイヤモンドは硬さは10で、天然物でこれより硬いものはありません。ガラスを切るには、ダイヤモンドが付いたカッターで切断します。黒鉛は柔らかいので、研磨剤や鉛筆の芯に使われています。

黒鉛の構造は、ベンゼンから始まって、水素をベンゼン環で置き換えて作りました。ダイヤモンドは、メタンから始まって、水素をメタンに置き換えていきます。残った水素を取って、C-C結合にすると、ダイヤモンドになります。

分子の立体構造を見ることは、特にタンパク質や核酸の研究では重要なことです。多くの研究者が構造を研究し、そのデータを公開しています (日本蛋白質構造データバンク (PDBj))。New York 大学の「Library of 3-D Molecular Structures」にダイヤモンドとグラファイトのPDBがありましたので、利用させていただきました。PDBファイルはデータだけですが、これをChem3D (Cambridgesoft) というソフトを使って画像として見ることができます。ダイヤモンドは空間いっぱい広がっていますが、グラファイトは層状構造になっています。Chem3Dがあれば、画像を回転して見ることができます。

(インターネットで立体構造の画像を見るには、Jmol が主流になってきています。Jmol では JavaScript を使いますので、Java Runtime のインストールが必要な機種がありますが[ここで](#)、インストールしてください。)

ダイヤモンドとグラファイトの構造を、Jmol と Chime で見れますので、それぞれをクリックしてください。ただし、画像を読み込むのに少し時間がかかりますが、しばらく待ってください。



ダイヤモンドの構造

グラファイトの構造

硬さの秘密は、その構造をみれば分かります。ダイヤモンドでは炭素の4つの結合は炭素間でできていま

す。ダイヤモンドでは、黒鉛のように自由に動き回れる電子が無いので、電気が流れない絶縁体です。このようにダイヤモンドは共有結合の塊ですから、強く硬いのです。また、可視光を吸収するような二重結合もありませんので、透明です。

さて、炭はどのような構造でしょうか。炭はダイヤモンドと黒鉛の中間の構造だと考えられています。結晶ではないので、アモルファス炭素（無定形炭素）と言われています。カーボンブラック、活性炭、プリンターの黒インク、トナー、墨汁などに使われているもので、工業的には重要なものです。自動車のタイヤが黒いのは、カーボンブラックが混入されているからです。タイヤのゴムは収縮が繰り返されて熱が出ますが、カーボンブラックはその熱を伝えて外に出す役目をしています。高速道路を走って、サービスエリアで休んだとき、タイヤを触ってみると、タイヤの熱さが分かります。

電気カーペットは、プラスチックシートの中に、カーボンブラックが入っています。電気を流すと熱が出て暖かくなります。テニスのラケット、ゴルフクラブ、スキーなどには、炭素繊維（カーボンファイバー）が入って強度を増しています。炭素繊維は、アクリル繊維などを蒸し焼きにして作ります。また、原油から石油を取った残りは、黒いピッチになりますが、これを繊維にしても炭素繊維ができます。プラスチックの強度を増すためには、ガラス繊維や炭素繊維が使われ、繊維強化プラスチック（FRP：Fiber Reinforced Plastics）と言われます。

#### ●著作権について

キリヤ色と化学の Q&A の文書、画像、デザインなどの著作権は、キリヤ化学株式会社に帰属します。このサイトの内容を転載される場合は、弊社までご一報下さり了解をお取り下さい。なお、提供者が記載されている写真・絵に関しましては、著作権は提供者に属しますので、恐れ入りますがそちらの方へ直接お問い合わせ下さい。

#### ●内容について

できるだけ科学的に間違いの無いようにしていますが、わかりやすく説明するために実際とは異なる記述もあります。また、科学的に証明がされていないことも述べていますので、ご自身でご確認されますようお願いいたします。

キリヤ色と化学の Q&A 内の情報のご利用により、万一何らかの損害が発生したとしても、当社は一切の責任を負いません。

<https://www.kiriya-chem.co.jp>