

分子模型の作製とその活用

－発泡スチロール球を用いた分子模型－

宮本 憲 武*

1. はじめに

理科の学習においては、生徒が原子や分子の存在をイメージでき、その形や大きさから、分子どうしの結合の仕方や物質の性質について考察できるようになることが大切である。そのためには、立体的な分子の模型を示すことが大変有効である。

発泡スチロール球を用いた分子模型の作製はよく行われているが¹⁾、今回、結合を回転させたり組み替えることによって立体構造や異性体について考えることのできる分子模型（磁石式発泡スチロール分子模型）の作製方法を、エタノール分子を例として紹介する。

2. エタノール分子の作製方法

(1) 準備

・発泡スチロール球

〈H原子〉 25mm φ 3個 (各球を半分に分けて使用)

〈C原子〉 35mm φ 2個

〈O原子〉 30mm φ 1個

・電熱線カッター (図1)

電熱線に電流を流すと発熱することを利用して、発泡スチロール球をとくして切る道具。

金具 (長さ約8cm) でつないだ2本の木片 (長さ約20cm) の先にネジをはめ、ステンレス線 (直径0.25mm φ, 長さ約70mm) を取り付ける。ステンレス線と反対側の木片の間にバネ (又は輪ゴム) を取り付け、ステンレス線を張る。また、スイッチを取り付け、スイッチを押しているときだけ電流が流れるようにして、ステンレス線の過熱を防ぐ。

単3乾電池3個を直列に接続して電源とし、約4.5Vの電圧をかけたとき、電流値は約2Aを示した。

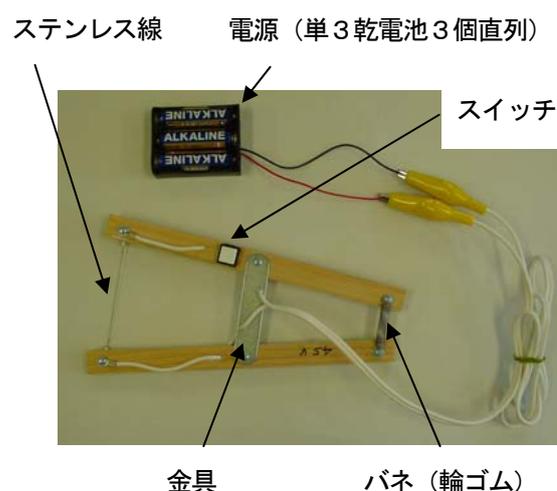


図1 電熱線カッター

・孔定規 (図2)

特定の大きさの切断面を切るための定規。

厚さ約15mmの板にドリルで穴を開けたもので、発泡スチロール球をはめ込み、電熱線カッターを孔定規に沿わせて、はめ込んだ部分を切り取る。原子の種類に応じて、25mm φ, 23mm φ等、使用する穴の大きさを変える。



図2 孔定規

・角度定規 (図3)

複数の面を、特定の角度をなすように切るための定規。109.5度、120度、108度のものが販売されている²⁾。

* 大阪府教育センター

エタノール分子では、C原子とO原子の第2面以降の結合面を切るときに、109.5度のものを孔定規と組み合わせて使用する。

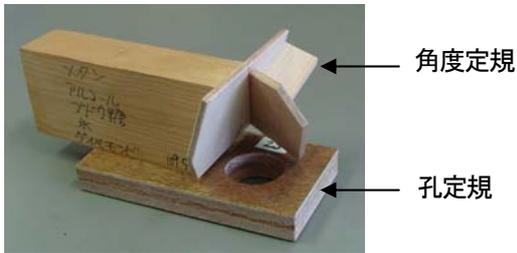


図3 角度定規

・その他

水性マジック (赤, 黒), 爪楊枝, フェライト磁石 (15mmφ 異方性 3個), ワッシャー (15mmφ 3個), ガスバーナー, ガラス棒, 発泡スチロール用ボンド

(2) 発泡スチロール球を切る

① H原子は孔定規の 25mmφ, C原子とO原子は 23mmφ の穴にはめ、電熱線カッターを孔定規にゆっくり沿わせて切る* (図4)。

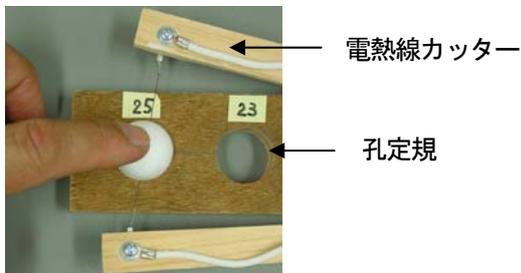


図4 発泡スチロール球の切断

② 角度定規を用いて、C原子やO原子の第2面を切る (図5 A)。さらに、C原子の第3面 (図5 B) 及び第4面を切る。

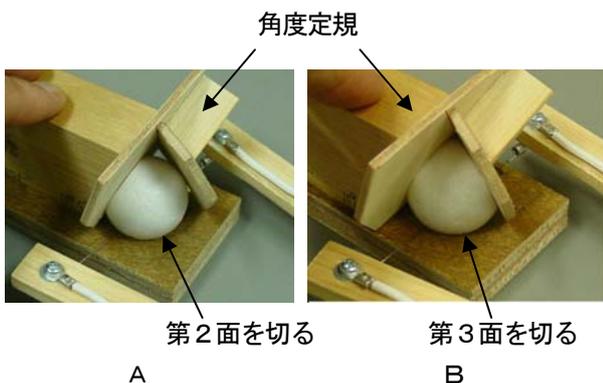


図5 角度定規を用いた切断

(3) 発泡スチロール球に色を塗る

- ① 水性マジックで塗る。C原子は黒, O原子は赤, H原子は白。(白は塗らない)
- ② 爪楊枝をさして約5分立てておき, 乾燥させる。
- ③ H原子(白) 6個, C原子(黒) 2個, O原子(赤) 1個の部品ができる (図6)。

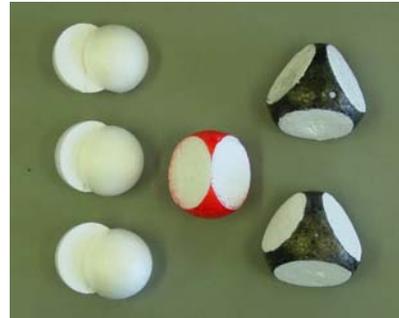


図6 発泡スチロール球の部品

(4) 発泡スチロール球をつなぐ

- ① C-H結合はボンドで接着する。
- ② O-H結合, C-O結合及びC-C結合は, 磁石とワッシャーを組み合わせてつくる (図7)。

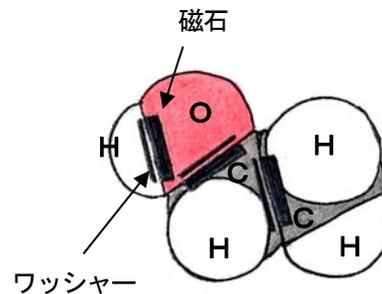


図7 磁石とワッシャーの組合せ方

- a. 先を 15mmφほどに平たく広げたガラス棒を, ガスバーナーで加熱する (図8 A)。
- b. 熱くなったガラス棒を発泡スチロール球の断面に軽く当て, 少し溶かして, 磁石やワッシャーがはまるくらいの穴を開ける (図8 B)。
- c. 磁石やワッシャーをはめ, ボンドで固定する (図8 C)。

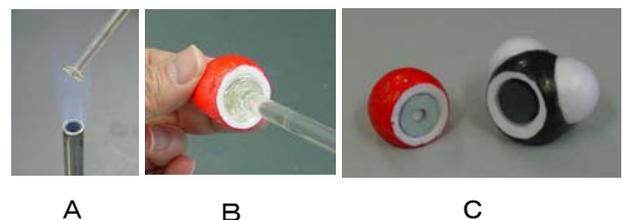


図8 磁石とワッシャーの付け方

3. 磁石式発泡スチロール分子模型の活用

(1) 安定な立体配座について

結合部分を回転させることにより、立体的な反発の観点から、最も安定な立体配座について考えさせることができる。エタノールにはいくつかの立体配座が考えられるが、図9のA～Cの中では、Aが最も安定であることが分かりやすい。

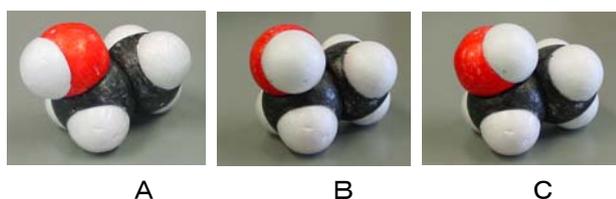


図9 エタノールの立体配座

(2) 構造異性体について

原子の結合の順序を変えることにより、構造異性体をつくることことができる (図10)。



図10 構造異性体 (ジメチルエーテル)

(3) いろいろな分子の作製

発泡スチロール球の部品を用いているいろいろな分子をつくることことができる (図11)。このことを通して、化学反応は原子の結合の組み替えであるということをイメージさせやすい。



メタン

メタノール



エタン

図11 いろいろな分子

(4) 原子の大きさについて

原子の種類によって大きさが異なることに気付かせることができる。さらに、C原子として35mmφの球を、O原子として30mmφの球を用いることにより、元素の周期表で同周期の原子では原子番号が増えると原子半径は小さくなることにも言及しやすい (表1)。

表1 原子の van der Waals 半径³⁾

原子	Van der Waals 半径	直径	使用する球の直径
H	1.20 Å	2.40 Å	25mm
C	1.70 Å	3.40 Å	35mm
O	1.52 Å	3.04 Å	30mm

(5) 電子雲等について

発泡スチロール球を切ってつなぐことにより、共有結合では原子の電子雲が重なって原子どうしが結合するというイメージさせやすい。切り取った部分はどこへいったのだろうか疑問に思う生徒に対して、その疑問をきっかけに、電子雲の重なり、van der Waals 半径、共有半径、結合距離等に発展させることことができる (図12)。

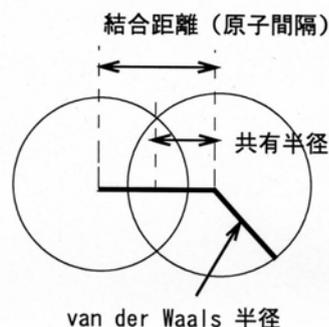


図12 van der Waals 半径、共有半径及び結合距離

4. おわりに

この分子模型の作製を、大阪府教育センターの中学校「理科」研修等の研修や大阪府高等学校理化教育研究会化学実験研修会で実施したところ、参加者は楽しげにかつ黙々と発泡スチロールを切り、色を塗り、磁石をはめ、模型づくりに取り組んでいた。また、電熱線カッターの作り方や角度定規の仕組みに関心をもつ人も多かった。

道具の自作も含めて、このような分子模型を生徒

自身に組み立てさせれば、分子についての理解に役立ち、理科への興味・関心を高めることが期待できる。

なお、分子模型の作製道具を作るに当たって、大阪府教育センターの黒田智一非常勤嘱託員に多大な協力をいただいたことを深く感謝致します。

引用・参考文献

- 1) 小樽分子模型の会 資料
<http://www.geocities.jp/ichirokasetu/shiryoo.html> (2007. 12. 28)
- 2) 発泡スチロール球でつくる分子模型製作グッズ
<http://www.uminekoya.co.jp/bunsiseisakugoods.html> (2007. 12. 28)

※ 結合面（切断面）の大きさについて

孔定規を用いて発泡スチロール球を切断するとき、H原子は25mmφ、C原子とO原子は23mmφの穴を使用した理由を、O-H結合の場合を例として説明する。

(例) O-H結合の場合

H原子及びO原子の van der Waals 半径を r_H 及び r_O 、共有半径を d_H 及び d_O 、O-H結合面の半径を r とする (図13)。

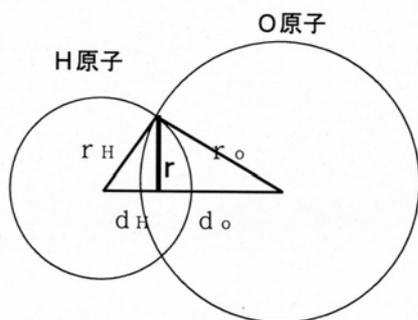


図13 原子半径と結合距離との関係

化学便覧（日本化学会編）のデータより、

$$r_H = 1.20 \text{ \AA} \quad \dots \text{①}$$

$$r_O = 1.52 \text{ \AA} \quad \dots \text{②}$$

$$\text{O-H 結合距離 } d_H + d_O = 0.957 \text{ \AA} \quad \dots \text{③}$$

三平方の定理より、

$$r^2 = r_H^2 - d_H^2$$

$$r^2 = r_O^2 - d_O^2$$

$$\text{したがって、} r_H^2 - d_H^2 = r_O^2 - d_O^2 \quad \dots \text{④}$$

③より $d_O = 0.957 - d_H$ と変形し、①、②の数値を④に代入して整理すると、 $d_H = 0.0239 \text{ \AA}$ となる。これより、

$$r^2 = r_H^2 - d_H^2 = 1.20^2 - 0.0239^2 \doteq 1.20^2$$

したがって、 $r \doteq 1.20 \text{ \AA}$ となる。

これはH原子の van der Waals 半径と同じなので、H原子（25mmφ球）は、25mmφの孔定規で半分に切

ればよいことが分かる。

O原子は、23mmφの孔定規で切ると、熱で溶けて断面が少し広がり、H原子の断面とほぼ同じ大きさになる。

結合の種類ごとに結合面の半径は異なるが、結合を組み替えることも考慮し、H原子はすべて25mmφの孔定規で半分に切り、C原子とO原子はすべて23mmφの孔定規で切ることにした。