

化学の世界における素直な疑問の大切さ

千葉工業大学工学部教授 山口達明

1. はじめに

高校・大学と化学を学び続けていく時、高校での常識が大学では通用しないことがある。その一つに、化学結合の説明が挙げられる。「実感できない化学の世界」は「実感できる化学の世界」に比べて、遅れている。しかし、「実感できない化学の世界」について疑問を持つことは、とても重要なことである。

2. O₂ は二重結合ではないのか？

大学生の中には上記のような疑問を持つ者がいる。O₂ が常磁性を示すことを分子軌道の考え方(図1)で説明された時のことである。Oの原子価は2価だからO₂の結合は二重結合でオクテット則を満足すると極めて分かりやすく理解でき、そう思い込んでいたからである。ここに単純で分かりやすい理論の落とし穴がある。高校化学では、K, L, M殻といったボーアの電子配置を教え、s, p, d軌道といった結合オービタルのエネルギー準位(図1)を学ばないからであろう。

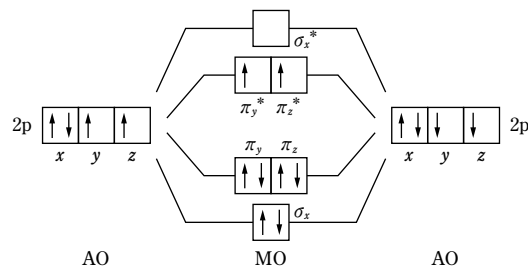


図1 O₂のMOのエネルギー準位図

3. C≡Cはあるのか？ないのか？

さらに、Oは2価だからO₂は二重結合と単純に考えるのならば、エタン(単結合)、エチレン(二重結合)、アセチレン(三重結合)と学ぶ先に「Cは4価だからC₂は四重結合?」という疑問が生じるのは当然の論理である。もちろん、そのような疑問を持ったとしても、高校段階でそれを解決するのは難しいことであるし、我々の立場からすると「起こり得ないこと」ではあるが、若い柔軟な頭では上記の

ような疑問を持つことを大切にすべきであろう。そこに独創の芽があるからである。

4. 曲がり結合(?)とσ-πモデル

一般に、科学の理論がわかりやすく単純な法則を志向するのはその本質である。しかし、ここに述べたような、すぐに素朴な疑問を招くような理論はどのように取り扱ったらよいのであろうか？高校のみならず大学化学においても化学結合論は古い理論の呪縛(限界)にとどまっている。そのような「呪縛」から解放されるためには、100年以上も前の原子価理論から脱却して、分子軌道理論の世界に到達しなければならないであろう。(米国高校化学ではボーアの電子配置を脱却し、結合オービタルのエネルギー準位を扱っている。)

現在のいくつかの教科書の有機化学の章を見渡してみると炭素・炭素の多重結合を図2のように表しているものもある。曲線で結合を表すのはポーリングモデルといわれる説明に由来しているであろう。しかし、注意深い生徒が「多重結合は曲がっているのかな?」という素朴な疑問を持ったとしても当然である。しかし、大学化学ではσ-πモデル(図3)が教えられる。ベンゼンやジエンの平面共役構造を説明するのに具合のよかったsp²混成オービタルを適用することを学び、ポーリングモデルは無視される。高校で疑問を抱いた学生の頭の中は新しいモデルが加わることにより一層混乱し、「曲がり結合モデルはウソだったのか?」・「結合の上下で重なっているπ結合は2本にかぞえないのか?」という新たな疑問が生じてしかるべきである。混成オービタルを教えられない高校化学では正確に説明することは困難だろう。H-O-Hが折れ曲がった分子であることもボーアモデルでは説明できないはずである。

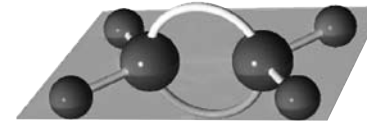


図2 エチレンの分子モデル

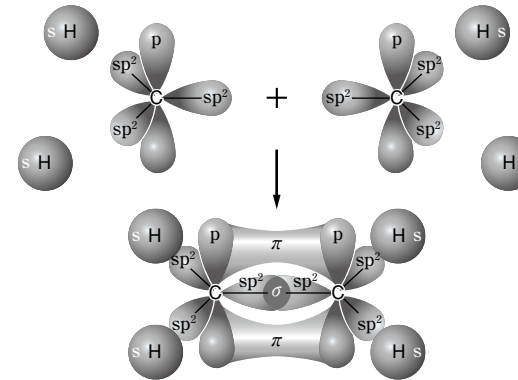


図3 エチレンのσ-πモデル

5. 分子軌道による見方

最近では、高等数学やプログラムの知識を知らなくても、分子軌道理論の世界に入ることができ、パソコンに身を任せれば驚くばかりの解放感を味わえる。ab initio MO法によるこれらの分子計算結果を図4に示し、『多重結合は実際に2本、3本に分かれているのか?』という疑問への答えとしよう。原子価理論の呪縛から逃れた姿がそこにある。多重結合では、核間に結合電子がより多く分布しているだけで、その分布の断面を表示させると、いずれも図5aのように結合線上が最も分布密度の高い領域となる。極めて単純な形をしていて、原子価結合で教えるσ-πモデルに予想されるような区分された高密度領域(図5b, 想像図)が見られるわけではない。

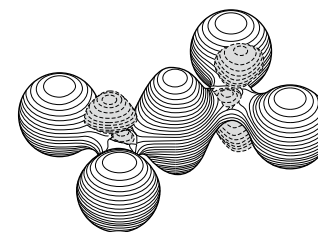


図4 ab initio MO法計算によるエチレンのC-C結合電子密度分布

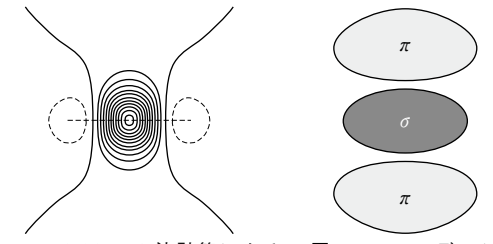


図5a ab initio MO法計算によるエチレンのC-C結合電子密度分布(断面)

図5b σ-πモデルに予想されるエチレンのC-C結合電子密度分布

6. おわりに

「実感できない化学の世界」を学ぶ上で、前述のような疑問が浮かぶことは望ましいことである。化学史を学べば、目に見えない世界への挑戦の歴史であることが分かる。現代のような高度な技術による「実感できる化学」に囲まれた中であっても、常に疑問を持ち、挑戦し続けるのが化学者である。

第6回化学史研修会のご案内

日時 2009年8月22日(土) 13:00～16:50
会場 〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1
東京工業大学 百年記念館

プログラム

「酸性雨と大気汚染の研究の歴史」
…………… 原宏(東京農工大学)
「化学史、化学技術史とともに考える—教育研究と科学技術力—」
…………… 山本明夫(早稲田大学)
「化学教育と化学史:新たな段階に向けて」
…………… 河野俊哉(暁星中高)

主催 化学史学会 <http://kagakushi.org/>
後援 (社)日本化学会、日本基礎化学教育学会
日本理化学協会、東京都理化学教育研究会、(財)日本私学教育研究会

参加申込

申込方法 葉書・ファックス・e-mail のいずれかにて、氏名・所属・連絡先を明記の上、下記にお申し込み下さい。
申込先 〒352-8523 埼玉県新座市北野 1-2-25
立教新座中学校高等学校 渡部智博宛
TEL 048-471-6631 FAX 048-473-0455
e-mail twatanab@nhss.rikkyo.ne.jp

締切 2009年7月17日(金)まで
資料代 1,000円
その他 申し込みを受け付け次第、資料代をお支払い頂く
振り込み用紙と受講証をお送り致します。また、受講後、修了証を発行します。