

有機化学分野の指導法について

代々木ゼミナール化学講師

西村 淳矢

「授業法研究ワンデイ特別セミナー」の化学を担当させていただきました。セミナーでは、「有機化学」分野の指導法を研究しました。「有機化学」分野は大学入試に必ず出題される分野であり、また、教科書と入試問題のギャップが大きいと言える分野でもあります。今回は、有機分野から、入試頻出テーマである「有機化合物の構造決定」の教授法について述べさせていただきます。題材としては何が適切か、どのような教授法が効果的か、生徒の力を最も伸ばすことができる授業について一緒に考えていただければ幸いです。

1. 有機化学分野について

化学という科目は、「理論化学」「無機化学」「有機化学」の3つの大きな単元から成り立っています。それぞれの単元は特徴、入試問題の形式なども大きく異なっており、学校や予備校の現場では、その指導法も単元によって大きく異なってくると思います。計算問題が中心であるため、計算式の立て方をメインとして教える「理論化学分野」、知識が中心であるため、知識事項のまとめやその定着がメインとなる「無機化学分野」、そして、知識の定着と、その知識を利用し化合物の構造を予測する「有機化学分野」。今回の「ワンデイ特別セミナー」では、知識の定着と利用が必要な「有機化学分野」の指導法について研究しました。

有機化学分野は、教科書と入試問題に大きなギャップがある分野だと私は考えます。教科書では「有機化合物の反応や性質」が中心にまとめられているのに対し、入試問題では条件文を読んで有機化合物の構造を予測する、いわゆる「有機化合物の構造分析」が多くの大学で出題されます。よって、難関大をはじめ有名大学志望の受験生に有機化学分野の指導を行い「志望校合格」に近づけるには、教科書の理解以外に“受験のための”指導法が必要になってくると考えます。それでは、この「有機化学分野」をどのように指導していけばよいのでしょうか、考えてみましょう。

2. 段階を踏んだ指導法

では、難関大志望の受験生に対し、「有機化学分野」の指導をどのように行えばよいでしょうか。当然、教科書での学習を終えた段階で、すぐに有機化合物の構造決定問題を何問も何問も解かせる、という指導法は少し乱暴でしょう。私は、以下のような手順で、段階を踏んだ指導をしています。

Step1 異性体の書き出し練習

Step2 条件文の解読練習

Step3 構造決定問題の練習

それぞれの詳しい指導方法については、この後に述べさせていただきます。

3. 異性体の書き出し練習—Step1—

「有機化学分野」の入試問題を解けるようにさせるためには、まず、異性体を正確に書き出せるように指導しなければなりません。しかし、異性体は教師側が一方的に黒板で教えても生徒は書けるようにならないのです。実際に生徒に書かせることが大切です。そのときに、私は必ず次の2点を意識させています。

- (1) もっとも長い炭素鎖は横に並べて書く
- (2) 炭素骨格を組み立ててから官能基を入れる

この2点を意識せずに書く生徒は、どうしても異性体が重複したり書き漏らしが出てきたりしてしまいます。

さらに、書き出し練習をさせる化学式にもとても気を配っています。まずは簡単なアルカン（骨格を組み立てさせるだけ）の C_5H_{12} 、 C_6H_{14} 、 C_7H_{16} を練習させ、その後、官能基の入ったアルケン・シクロアルカンである C_4H_8 、 C_5H_{10} 、アルコール・エーテルである $C_4H_{10}O$ 、 $C_5H_{12}O$ などを練習させます。アルカンの書き出しでは(1)を意識させながら練習させ、最長炭素鎖を横に並べ、最長炭素鎖ごとに書き出すという練習を徹底させます。

その後、アルケン、アルコールなどを使い、炭素骨格を組み立てて官能基を入れる、という練習を行います。慣れていけば、エステルや芳香族化合物の書き出し練習も行うのもよいかもしれません。このように段階的に練習させることで、異性体の書き出しが定着していくと考えています。

4. 条件文の解読練習—Step2—

異性体の書き出しがある程度できるようになった段階で、次に条件文の解読練習を行います。当然、有機化合物の構造決定問題では、官能基名をダイレクトに表記するのではなく、実験結果として表記してあります。すなわち、

「Aはアルコールである。」

などとは問題文には書かれておらず、

「Aに金属ナトリウムを加えると水素を発生しながら溶解した。」

と書かれているはずです。生徒たちは自分自身でその条件が何を表しているのかを読み取り、構造決定のヒントとして使っていかなければなりません。

そのためには、生徒に条件文を解読する練習をさせておいた方が、問題を解くときにすらすら進むと思われれます。しかも、構造決定によく出てくる条件文は意外と少ないものです。以下のような条件文をあらかじめまとめ上げておき、生徒に覚えてくるよう指導しておく、この後の入試問題演習が円滑に進むと考えます。

- * 「臭素水を脱色する」⇒炭素間多重結合あり
 - * 「金属ナトリウムを加えると発泡する」⇒ヒドロキシ基（カルボキシ基）あり
 - * 「フェーリング／銀鏡反応陽性」⇒アルデヒド基あり
 - * 「炭酸水素ナトリウムを加えると発泡する」⇒カルボキシ基あり
 - * 「ヨードホルム反応陽性」⇒ -COCH_3 、 -CH(OH)CH_3 あり
- などです。

5. 構造決定問題の練習—Step3—

異性体の書き出しと、条件文の解読練習がある程度終わった段階で、いよいよ、構造決定問題を解かせていきます。構造決定問題といっても、易しいものから難しいものまで、問題のパターンは様々あります。もちろん、生徒に解かせる問題は適当に選ぶのではなく、段階を踏んで徐々に難易度を上げながら指導していく必要があります。では、どのような順序で指導していけばよいのか、私なりの意見を述べてまいります。

はじめに C_4H_8 や $C_4H_{10}O$ のアルケン（シクロアルカン）、アルコール（エーテル）の構造決定から行くとよいでしょう。これらは、異性体の数も少なく、また、条件文も複雑なものが出てこないで、初期の指導には適切だと思われます。クラスレベルにもよりますが、この分子式の構造決定はよく出題されるものなので、生徒のほぼ全員が完答できるようになるまで、同じ分子式で問題を変え繰り返し演習することが大切だと考えます。

ある程度定着した段階で、 C_5H_{10} や $C_5H_{12}O$ の構造決定を行います。基本的に問題の考え方は C_4 のときと同じですが、異性体の数が多い分だけ、生徒にとっては難易度の高い問題ということになります。はじめは半分くらいしか決定できない生徒もいると思いますが、繰り返し演習させることで定着を図るとよいでしょう。

次に、入試頻出のエステル・カルボン酸の構造決定を行います。エステルには、“加水分解”という操作が入りますので、アルコールやアルケンをみの構造決定よりは難易度が上がるでしょう。また、異性体を書かずに、加水分解した部分から決定していくという解法の手順も教えていく必要があるでしょう。こちらも段階的に $C_4H_8O_2$ からはじめ、 $C_5H_{10}O_2$ などの分子式を重点的に演習する必要があります。

その後は、芳香族化合物の構造決定練習を行いましょ。私の経験上、ベンゼンが入っただけで問題を倦厭する生徒は数多くいます。まずは、 C_7H_8O 、 $C_8H_{10}O$ の異性体の書き出し練習からはじめ、その構造決定を行うという流れで行うとよいでしょう。「ベンゼンは炭素6つ持つから、あと使える炭素が○個だね」という感じで異性体を書きだすとうまくいくでしょう。また、芳香族化合物特有の条件文も登場します。以下のような条件はもう一度まとめなおしておくといよいでしょう。

- * 「塩化鉄(III)を加えると呈色する」
- * 「過マンガン酸カリウムで側鎖の炭素原子を酸化する」

* 「置換反応を行った構造異性体の数から二置換体の位置を決定する」

ここまで来ると生徒のレベルもかなり上がってきていると思われます。こうなった段階で難易度の高い問題、例えば芳香族エステル、マレイン酸、フタル酸などのジエステル、不飽和度の大きい化合物など、さまざまなバリエーションの構造決定問題を練習させていくとよいと思います。

6. 最後に

以上のような手順で、有機化合物の構造決定問題の指導を行っております。私は、どの單元においても「段階的指導」が成績を上げるためにとても重要だと考えております。たとえば、野球選手でもキャッチボールからはじめバッティング練習、フライの練習、スライディングの練習など、さまざまな基本練習を普段から行った上で試合に臨みます。学習もこれと同じです。まずは有機化合物の反応を覚え、異性体を書き出せるようになり、条件文の解読ができ、はじめて構造決定問題を解くことができるようになると思っています。今回の内容を参考にいただき、有機化学分野の指導の助けに少しでもなれば幸いです。では、また機会があればご一緒により良い授業を考えて参りましょう。

