

高分子物質の捉え方と教授プランの基本構想

八島 弘典

高分子物質であるゴム・プラスチック・繊維を統一的に理解するためには「分子内回転運動」と「高分子鎖の相互作用」が重要なキー概念となる。本稿では、物質進化における高分子の位置づけ、分子内回転運動や高分子鎖の相互作用などについての基本概念を教育内容を構成する視点で検討した。

[キーワード] 高等学校化学 高分子物質 物質進化 分子内回転運動 高分子鎖の相互作用

はじめに

高分子とは巨大な分子、といったことがよく言われる。ここでいう巨大というのは分子量あるいは分子の体積のことである。しかし高分子（厳密には鎖状高分子）の場合は、高分子鎖の長さ（分子量）が大きくなると分子形態の多様性が大きくなることに重要な意味がある。すなわち高分子の本質は、分子形態の自由度が巨大である点にある。

分子形態の多様性は、相互作用の複雑さと密接に関係しており、このことを物質進化との関わりから捉える必要がある。また、分子形態の多様性を分子内回転運動と高分子鎖の相互作用から捉え、高分子物質の特性を学習できる教授プランの基本構想について報告する。

1 物質進化における高分子の位置づけ

図1のように、マクロ物質は原子・イオンからできているもの、分子からできているものに大きく分けられる。

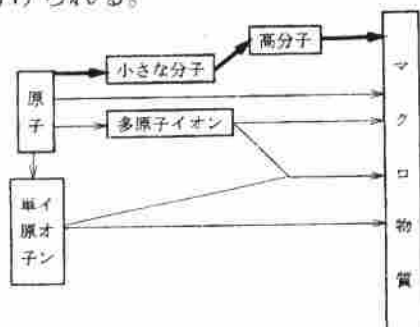


図1 マクロ物質への道

物質進化という視点でみると、図1の太線が重要な意味をもつ。物質進化においては、分子が主役である。

分子の表面積すなわち分子鎖が長くなると分子間相互作用が大きくなる。例えば、



では、表1のように分子鎖が長くなることで、分子間相互作用は大きくなり、融点・沸点は高くなっている。

表1 分子の長さや物質の性質

n	分子量	融点(°C)	沸点(°C)	常温での外観
1	30	-183	-88.6	気体
2	58	-135	-0.5	#
3	86	-94	69	液体
4	114	-57	126	#
5	143	-30	174	#
10	283	38	205	ろう状
15	423	66	235/1 mmHg	#
20	562	81	241/0.3 mmHg	#
30	842	99	分解	#
60	1,682	104	#	ろう状固体
100	2,802	105	#	もろい固体
1,000	28,002	110	#	硬い固体

このようにミクロ物質は分子間相互作用を大きくする方向に進化し、さらに複雑な相互作用をもつ方向へと進んだ。複雑な相互作用は、ある特定の分子と相互作用をもつ酵素タンパク質のように、複雑な三次元構造により規定される。

2 分子内回転運動

n-ブタンは4個の炭素原子が直列に結合しており、真ん中のC-C結合を軸とした回転によって、いろいろな形態をとることが可能であ

り、安定な形だけを考えても3つの形が存在する。すなわち回転軸1本につき安定形が3個存在する。ブタンより1個炭素原子が多いn-ペンタンでは安定形は $3^2=9$ 個となり、n-ヘキサンでは $3^3=27$ 個となる。高分子であるポリエチレンの回転軸は1000個以上であるので、安定形は 3^{1000} = 約 10^{300} 個以上存在し、その分子形態は天文学的な数字になる。

このような分子形態の多様性は、ゴムに熱湯や氷水を加える実験と分子模型による説明によって、生徒に理解させることができる¹⁾。また分子内回転運動の有無でゴムとプラスチックの関係を理解するのに、ゴムボールを液体窒素で冷却し、床に落とす実験がある¹⁾。

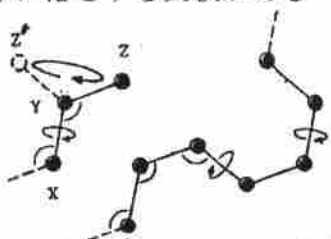


図2 分子内回転運動の模式図

3 高分子鎖の相互作用

高分子の形態は分子内回転運動と高分子鎖の相互作用のかねあいで決まる。高分子鎖の相互作用が大きいと分子鎖は密につまった状態になり、分子内回転運動ができる空間がなくなる。高分子鎖の相互作用の大きさは、高分子の主鎖に結合している原子、原子団の種類・数や立体配置によって決まる²⁾。

3-1 種類による相互作用の違い

ポリクロロプレンと天然ゴムの分子構造は、図3に示すとおりである。ポリクロロプレンの塩素原子はメチル基とほぼ同じ大きさで、天然ゴムと似た構造になり、ゴムの性質を示す。しかし、塩素原子はメチル基に比べて、電子を引きつける性質が強く、分子鎖の相互作用は大きくなるため、天然ゴムより硬くなる。

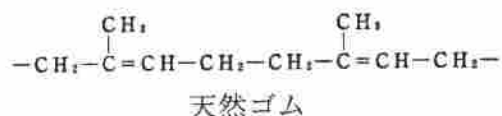
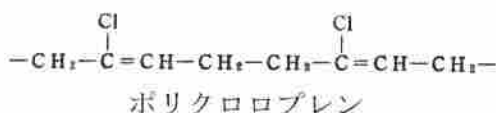
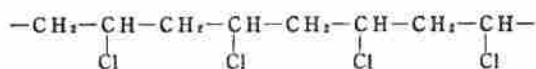


図3 ポリクロロプレンと天然ゴムの分子構造

3-2 量による相互作用の違い

ポリ塩化ビニルの分子構造は

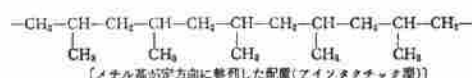


であり、ポリ塩化ビニルはポリクロロプレンに比べて結合している塩素原子の数が2倍になっている。そのため、ポリ塩化ビニルはポリクロロプレンより高分子鎖の相互作用が大きく、室温ではプラスチックの性質を示す。

3-3 立体配置による相互作用の違い

ポリプロピレンは、図4のように炭素鎖に結合するメチル基の立体配置によって、その性質が違ってくる。図4の(a)は(b)に比べ高分子鎖の相互作用が大きくなり、硬いプラスチックになる。

(a)規則的



(b)不規則的

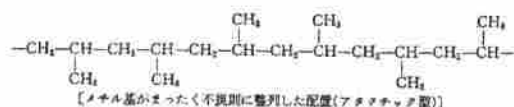


図4 ポリプロピレンのメチル基の立体位置

4 おわりに

現在、高分子物質の教授プランの改訂を進めている。この改訂プランを通して、高分子物質の具体的な学習内容・方法を提案したい。

主な参考文献

- 1) 八島弘典 (1996): 「高分子物質をどのように捉えるか」 北海道立理科教育センター研究紀要第8号
- 2) 中川鶴太郎 (1984): ゴム物語 大月書店 (やしま ひろみち 化学研究室研究員)