



科学の眼

まなこ

発行: 姫路科学館 (〒671-2222 姫路市青山 1470-15 電話: 079-267-3961)
<https://www.city.himeji.lg.jp/atom/>

物理・化学シリーズ

口の中でやわらかくなる不思議

チューインガム

Chewing gum

姫路科学館 学芸・普及担当 柳生 真依

みなさんにおなじみのチューインガム(図1参照)。しかし、噛むとなぜやわらかくなるのでしょうか。今回はチューインガムを化学的視点で考えてみたいと思います。

■チューインガムの材料 - 高分子とは？

チューインガムは高分子材料でつくられています。高分子とは分子量の大きい分子のことで、この分子量の大きさに明確な基準はありませんが、一般には分子量が10000以上のものを指します。高分子は多数の同一構造の繰り返しから成っていて、主に共有結合で連なっている化合物です。チューインガムの材料にはポリ酢酸ビニルがよく使われています(図2参照)。

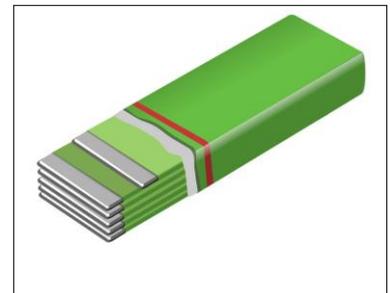


図1 チューインガム

■高分子の特徴

①分子量分布を持つ

合成高分子は人工的に合成したもので、単一の分子量を持たず、種々の分子量を持つ化合物の混合物です。高分子を合成する場合、数千個もの分子を同じように連ねさせることがほとんど不可能であるため、高分子には分子量のばらつきが生じます。

②結晶領域と非晶領域が混在する(図3参照)

これは、高分子化合物は分子が長く、分子量が大きく、分子量分布を持っていることから、分子全体が規則正しく配列して結晶化することが難しいためです。具体的には、高分子化合物の温度を下げていく場合、ある部分は高分子鎖が配列して結晶となりますが、ある部分は温度低下のため集合しただけで配列せず分子運動が止まり、非晶質のまま固体となります。したがって、分子量の異なる化合物の混合物からなる高分子固体は

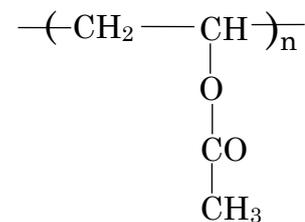


図2 ポリ酢酸ビニルの化学式
※nは繰り返し単位の数を表しています。

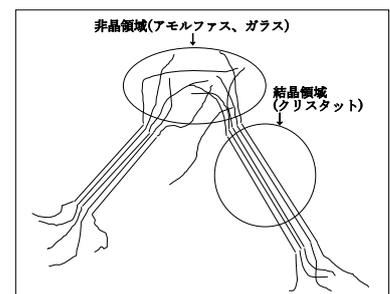


図3 結晶領域と非晶領域が混在する高分子のイメージ

結晶領域と非晶領域が共存することになります。その割合は、高分子の性質や冷却の速度などによって異なってきます。

③低分子化合物に見られるような三態(固体・液体・気体)の変化を示さない

特に気体状態は存在しません(図4参照)。気体状態が存在しないのは、高分子は分子量が大きく、分子間相互作用が強く働くことから、融解、軟化する前に化学結合が切断して分解してしまうためです。

このような特徴は、チューインガムの材料であるポリ酢酸ビニルにも見られます。

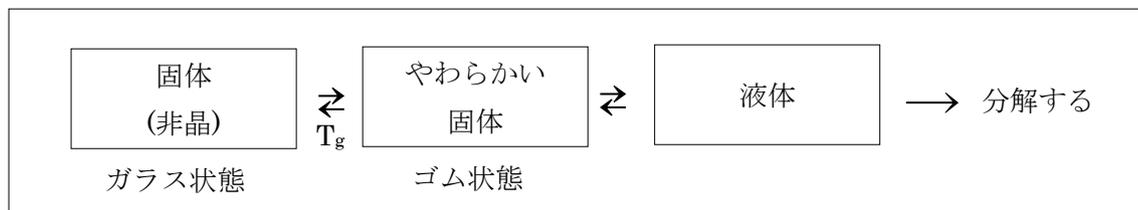


図4 高分子の状態変化

※ T_g はガラス転移温度を表しています。

■ガラス転移温度とは？

チューインガムを噛むとやわらかくなる理由を説明する際、ポイントとなるのがガラス転移温度です。高分子の種々の性質はガラス転移温度付近で大きく変化します。ガラス転移とは、結晶性高分子(結晶領域を形成しやすい高分子)の非晶部分、または非晶性高分子(多くの非晶領域を有する高分子)が示す熱的相転移のことです。非晶領域は密度が低く体積変化が大きいいため、高分子の物性に大きく寄与しています。

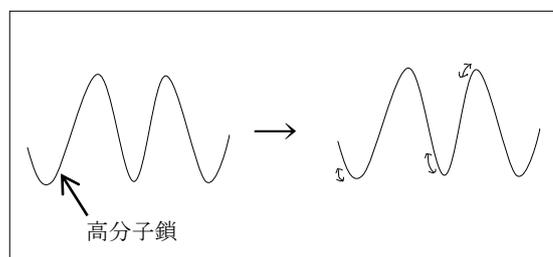


図5 ミクロブラウン運動のイメージ

高分子固体を加熱していく場合、まず高分子鎖の一部の非晶領域のセグメント(高分子鎖中の数個の繰り返し単位)が凍結から解放されてねじれ始めます(ミクロブラウン運動 図5参照)。ただし、ミクロブラウン運動の際、分子の重心は変化せず、分子は流れていきません。高分子内部の高分子鎖の一部のセグメントが部分的に運動しているだけで、液体状になってはいません。つまり、高分子はガラス転移温度において、固体状態のまま非晶領域でもうひとつ転移が起こるということになります。具体的には、ガラス状態(無定形の凍結状態)からやわらかいゴム状態(セグメントがミクロブラウン運動している状態)への相転移が起こります。このときの温度がガラス転移温度です(図4参照)。チューインガムの口の中での変化はこのように始まります。

■チューインガムを噛むとやわらかくなる理由

ガラス転移温度において変化する性質の1つに弾性率(硬さ)があり、チューインガムはこれを利用したものです。チューインガムの材料であるポリ酢酸ビニルは、ガラス転移温度が30~34度と、人の口の中の温度、36度に近い高分子材料です。また、実際には、チューインガムにはポリ酢酸ビニルの他にも色々な甘味料等が添加されているため、ガラス転移温度はさらに低くなっています。したがって、チューインガムを噛むと口の中で外力と熱が加わり、ガラス転移温度でチューインガムがガラス状態からゴム状態へと転移してやわらかくなります。また、口から出して冷えていくと再び硬くなります。チューインガムにはこのように、高分子の熱的性質が利用されています。ガラス転移温度を意識しながらチューインガムを噛んでみるのも面白いかもしれません。