

エラストマー

ゴムに代表されるようなゴム弾性をもつ材料をエラストマーと呼ぶ。最近では建造物の振動エネルギーを分散させて免震とするための建材にも応用されている。エラストマーがゴム弾性を持つ原因は、結晶の弾性、例えば金属製ばねの弾性とはまったく原因が異なっている。結晶の弾性は、原子間力に基づくエネルギー的な原因によるもので、ばねを引っ張ることで原子が安定な平衡位置からずれてエネルギーの高い状態となり、元に戻ろうとする方向に力が働くことが原因である。一方、エラストマー中の分子はもともと動きやすい状態になっていて、熱運動によって絶えずうねうねと分子の配座が変化しており、引っ張りによって大きくエネルギーが変化するとは考えにくい。実際、エラストマーを引き延ばしても、曲がりくねったひも状の分子が真っ直ぐになるだけで、分子内の原子間距離はほとんど変化しておらず、原子間に働く力はほんのわずかにしか変化していない。従って、エネルギー的な解釈でエラストマーの弾性を説明することはできない。

では、エラストマーのもつゴム弾性の原因はなんだろうか。実は、第5章で学んだエントロピーを考えることでゴム弾性の説明ができる。実際のエラストマーは網目状構造を持っているものが多いが、簡単のためにポリエチレンのような直鎖状の分子を考えてみよう。鎖状分子のもっとも安定な構造は、結合距離を一定とすると、図 14.1 上段のように結合していない原子同士が原子間の反発を避けて出来るだけ遠ざかれるようなジグザグ構造である。ところが、このような構造は一通りしか存在しないので、エントロピーは最小となってしまう。もし、分子内で折れ曲がり可能な個所が 10 個あって、1 つの個所について折れ曲がり方が一つだけあるとすれば、1 か所が折れ曲がった構造は 10 通りあることになる。同様に折れ曲がり個所が 2 か所なら、10 か所から 2 か所を選ぶ組み合わせの数となるので、 $10 \times 9 / 2 = 45$ 通りの折れ曲がり方が可能になる。このように折れ曲がりが存在する構造の方が、伸び切った構造よりも遥かに場合の数が多く（エントロピーが大きく）、出現確率は飛躍的に増大する（実際には高分子なので折れ曲がり可能な個所は遥かに多く、エントロピーの寄与は非常に大きい！）。このため、系が十分な熱エネルギーを持っていて、分子が容易に形を変えられるような運動状態にあるときには、分子を引き延ばしてやっても、加えている力を取り除けば直ちに折れ曲がった状態に戻ってしまう。これがエントロピーによる弾性の原因である。

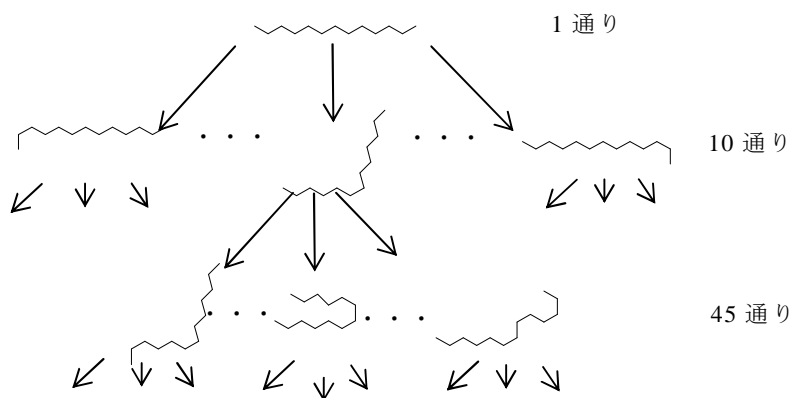


図 14.1 折れ曲がり可能な結合が 10 個ある直鎖状分子の折れ曲がり個所の数と場合の数

上段：折れ曲がりなし．エネルギー的には最も安定．1通りのみの構造が可能．

中段：折れ曲がり 1 か所．10通りの構造が可能．

下段：折れ曲がり 2 か所．10 個から 2 個を選ぶ組み合わせの数 = 45 通り