



生命のエントロピー

少しでも長く生きるために生物が体内へのエントロピー蓄積を遅くする機構を進化させた結果、さまざまな内的外的環境との相互作用を通じた自己組織化が可能となり、生物の進化が推進されてきたと考えられます。エントロピー蓄積遅延機構と自己組織化をキーワードに、生物が獲得したエントロピー蓄積遅延機構を具体的に検証し、生物の「単純から複雑へ」を育んできた時間の意義を考えます。

エントロピーとは、ドイツの物理学者クラウジウスによってはじめて導入された物理量で、ここでは、乱雑さの度合を表す量として考えてください。

生物の発展の歴史というのは、「少しでも長く生きる」ために生物が体内へのエントロピー蓄積を遅くするよう努力してきた歴史であるともいうことができます。生物学的には、エントロピーが限界まで蓄積したときが「死」とであると定義することができます。また、エントロピーの性質として頭に入れておかなければならないのは、物質や熱の出入りのない系ではエントロピーは常に増大する、ということです。

生物ではない世界、たとえば、青い絵の具と赤い絵の具をそれぞれ水に溶かした場合を考えます。この二つの色水を混ぜ合わせると、水の分子の運動によりそれらは徐々に混じり合っており、完全にそれらが混じり合うと、これ以上は何の変化も起こりえないいわば“死”の世界が訪れ、これがエントロピーが最大になった状態です。生物ではない世界では、エントロピーが増大する方向にしか変化は起きません。

しかし生物は、体内に取り込まれた有害物質を排出したり、体内に生じた小さな損傷は自分で修復する機構を進化させてきましたので、エントロピーを減少させることができます。さきほど、生物学的には、エントロピーが限界まで蓄積したときが「死」とであると定義することができますと述べましたが、では、逆に生物にとってのエントロピーとは何かというと、蓄積がある限度を超せば生き物が死んでしまう有害物質や遺伝子の損傷であると考えられます。

生物は、生きて以上、有害物質や遺伝情報のエラー¹などを蓄積することは避けることができません。したがって、これらのエントロピー蓄積を遅くすることが、長生きすることにつながります²。

さて、冒頭で述べたようにエントロピーの蓄積が限界になると死んでしまうので、エントロピーを減らさなければなりません。たとえば、バクテリアなどの単純な生物では細胞分裂で二つの細胞に分割すれば1個の細胞当たりのエントロピーを半分に減らすことができます。

ところが、人間は二つに分裂することはできません。しかも、身体を構成する細胞の量が膨大ですので、それぞれの細胞に発生した障害を修復してはきりがないので、どういう手段でエントロピーの蓄積に対抗することにしたかという、損傷を受けた身体は捨てて、新しくゼロすなわち受精卵から作り直すことにしました。つまり、エントロピーを低下させるための不経済な分裂はやめて、ヒトの場合は70~100回のエネルギー的に投資効率の合う分裂を行った後は、個体を殺すことにしました。卵細胞は、個体が誕生したときにはすでに決まっています。子育てができる体で成熟するまで無駄な活動を停止させ、受精がおこなわれるまで極力遺伝子の中にエラーが蓄積しない仕組みを作り上げたというわけです。

このように、最低限生きていられるだけの活動をして、細胞の損傷を防ぐ機能を担った卵細胞ですが、紫外線やウイルスなどによる遺伝子の損傷を完全にくい止めることは不可能でした。そこで生物は、卵と精子の接合によって遺伝情報を照合し合い、誤った遺伝情報が拡散することを防ぐようになったのです。

さらに、受精後の卵細胞は数回の細胞分裂の後、身体の様々な部品を高速な細胞分裂で一気に作り上げます。つまり、エントロピーの蓄積よりも高速に細胞分裂することによって、エントロピーは細胞分裂のたびごとに低下し、胎児として完成するときには、その人の人生において最もエントロピーの低い状態として完成するということです。

¹ 遺伝子というのは意外と不安定で例えば、ヒトの遺伝子では1日あたり数千回のランダムな変化が起きます。けれども、修復できない損傷として蓄積されるのは年あたりせいぜい2~3個程度です。これは損傷した遺伝子を修復する機構が存在し、大部分の損傷は取り除かれてしまうためです。ちなみに、哺乳動物では、遺伝子にエラーが起こって修復機構が働く機会は下等な動物ほど多く、反対により進化した動物ほど塩基配列のエラーの発生を未然に防ぐ機構が発達していると言われていています。

² このことは、餌やカロリーを制限されたマウスやラットは制限されないものより寿命が長いという実験結果や過酸化化合物を無毒なものに変位させる過酸化化合物変位酵素(SOD)をたくさんもっている動物の寿命が長いことなどからも裏付けられる