

強者の戦略

【生物：第3回：「エントロピーとは何ぞや」

2008年大阪大学歯学部後期試験より】

エントロピー【entropy】

（「energie」に、変化の意のギリシア語「trope」を加えた語）クラウジウスが命名した熱学上の概念。熱平衡にある系で、準静的に加えられた熱量をその系の絶対温度で割った値をエントロピーの増加分と定義する。可逆変化ならエントロピーは一定、不可逆変化では必ず増大する（熱力学第二法則）。統計力学的意味づけはボルツマンによって与えられ、エントロピーが大きい状態は乱雑さの度合いが大きいことを示す。拡張されて情報理論などでも用いられる。

広辞苑 第五版 (C)1998, 2004 株式会社岩波書店より引用

物理的な定義は物理屋さんへお任せするとして、生物屋さんとしては「でたらめさに関する尺度」とでもしておきましょうか。たとえば、気体は分子が自由に動き回っているのだから、分子が結晶格子に縛り付けられている固体よりも、エントロピーが大きい、ということです。問題本文にもあったように、「全ての分布状態において、すみやかにその差が解消されて均一化される」→「熱力学的平衡状態」＝「エントロピー最大の状態」、これらの単語が同意であることを最初に確認しておきましょう。

では、生物にとってエントロピー最大の状態とは何か？ それは「自力では動けなくなる『平衡』状態」、つまり『死』の状態。生物が『死ぬ』とあらゆる生命現象を引き起こすことができなくなるので「秩序」を保てなくなる。逆に『生き』ていれば、生命現象を引き起こさず「動的平衡」が保たれるので、エントロピーの増大から免れ「秩序」を保つことができる。「秩序」、それは体全体が一つの生命体としてコントロールされること。生命は「現に存在する秩序が秩序を維持していく能力と、新たな秩序を生み出す能力を持っている」と本文にありましたが、これは「自己を複製したり、維持したり、成長したり、怪我等から回復したりする」ことができる、という意味です。

しかし「後戻りできない一方向のプロセス」すなわち「発生期」においては様相が少し異なってくる。それは、発生は「一つ一つのプロセス」を正確にトレースし、その上にさらに次のプロセス

を重ねていくという膨大な作業である。そのため「ジグソーピース」の欠落が、その欠落を何らかの方法で補完できた場合と補完できなかった場合で結果が異なってくる。例えば「酵素」というピースが欠落した場合、その酵素を作る別の重複/類似遺伝子が存在したり、異なる反応系で同じ生産物を作成できるのであれば、ピースの欠落が補完できるので、新たな平衡が生み出される。即ち、生き続けることができる。しかしそうでない場合にはピースの欠落を補完できない。

但し、気をつけなければならないのは、「ピースの欠落を補完できない」ことが「エントロピーの法則が襲いかかってくる」ことに必ずしも直結しない点である。ピースの欠落によるダメージがどの程度のものか、によって変わってくる。軽微な影響下では、そのダメージは見て見ぬふりをされた上で新たな平衡が生み出されるであろう。しかし、決定的なダメージを与えた場合には、残念ながらその先のプロセスへ進むことができず、発生が途中段階で停止する。その場合は容赦なくエントロピーの法則が襲いかかってくる。

と、まあなんか小難しいことを書いていますが、これは本文の後半章を要約しただけです。今回の問題は、いかに本文を要約しながら読んで、物理用語や哲学用語を生物用語へ置き換える作業がきちんとできるか、がポイントです。かえって物理屋さんのほうが、用語の正式な意味に囚われて苦労したでしょうね。

ところで生物が死ぬと、本当にエントロピーが最大になるのでしょうか？（よい子は試験中にこんなことを考えてはいけません。試験時間が足りなくなるだけです（笑）温度は平衡になります。昔生きていたけど今はそうではない「体」は存在しています。仮に火葬したら見た目的にはエントロピーが最大になっていそうですが、実際には新たなエネルギーを注入した結果強制的に「灰」にしていますので、エントロピーが減少した？と言えないこともないかもしれません。要するに新たな物質やエネルギーの注入なしで一様化していかなければならない。・・・これって、「土に帰る」ということでしょうかね？

強者の戦略

〔解答例〕

問1： 死

問2：

熱力学的平衡状態とは、エントロピー増大の法則に従って物質やエネルギー等の濃度勾配がなくなり均一化された状態で、生命としては動的平衡による秩序が崩壊し生命現象が止まった死の状態のことである。

問3（1）

酵素などのピースが欠落した場合、その酵素を作る別の重複/類似遺伝子が存在して欠落した酵素か類似した酵素を作ったり、異なる反応系で同じ生産物を作成できるのであれば、ピースの欠落が補完できるので、新たな平衡が生み出される。

問3（2）

欠落した酵素を作る別の重複/類似遺伝子が存在せず、また同じ生産物を作る他の反応系が存在しない場合で、そのピースの欠落が決定的なダメージを与える場合、その欠落を補完できず、発生プロセスが途中停止し、エントロピーの法則が襲いかかる。

問4：(概略)

工業生産された人工臓器は、生化学的機能の代行ができて、所詮人工物であり、動的平衡を保つことは不可能で自己修復等はできない。しかし幹細胞やiPS細胞等から分化させた人工臓器であれば、生体の一部として完全に混じり合い、本来の生体器官と同じ機能を果たし、動的平衡を保つことが可能になるはずである。