なぜ老いるのか、なぜ死ぬのか、進化論でわかる【立ち読み】

第1章　死と不死
なぜ私たちは老いて死ぬのか　6
国王とジャガイモ／謎のなかの謎／短い世代時間――寿命の進化的な意味

第2章　寿命
生物によって寿命が違うわけ　23
多細胞のメリット、デメリット／ピトのパラドックス――進化とガンのかかわり／体が大きい動物ほど長寿になる？／人間はどれほど長く生きられるか

第3章　老化
超高齢になると老化が止まる　51
老化が死亡率に与える影響／ゴンペルツの法則――老化の速度（死亡率倍加時間）／人間の寿命の伸びは老化の減少によるものではない／超高齢では死亡率の上昇が止まる

第4章　遺伝子
寿命を操作する遺伝子スイッチ　77
長寿には遺伝と環境、どちらの影響が大きいか／長寿遺伝子の研究／糖尿病の原因が、寿命を延ばす／ＴＯＲ遺伝子、ＡＰＯＥ遺伝子／カロリー制限は効果あり？

第5章　植物
長生きの鍵を探る　101
無限成長／老木の生命力／植物ではガンは転移しない／成長が遅いほうが長生きできる／一万歳の木の秘密／一年生植物とＣ・エレガンス／モジュール型と非モジュール型

第6章　自然選択
進化にとって老いと死とは何か　127
不死が実現しないわけ／年を取ると自然選択は引退する／老化の進化論による予測／女性が男性より長生きする理由

第7章　生殖と死
一回繁殖はなぜ起こるのか　150
セメレの犠牲／コールのパラドックス／規模の経済／巨大な花

第8章　生命のペース
生き急ぎ、若くして死ぬ　172
ルブナーの生命活動速度理論／フリーラジカルは老化の最大要因か／間違っていた前提／外部要因による成体死亡リスク／人類の寿命が長いわけ

第9章　不老
老化は克服できるか　202
抗酸化物質は老化を遅らせる？／老化を取るに足りないものにするための工学的戦略／複製老化／長寿の哺乳類はテロメアが短い／最も奇妙なパラドックス

注(1)　付録(24)　解説254

解説

「なぜ私たちは老いて死ぬのか？」――本書はこの問いかけに進化論によって答える。そこから見えてくるのは、私たちの生―老い―死（寿命）が、矛盾、パラドックス、トレードオフに満ちあふれているという実態だ。

まず根本的な矛盾は、なぜわざわざ老いや死の問題を抱え込むような生物が進化したのか、ということだ。私たちの身体にもいる細菌のような単細胞生物であれば、とてつもなく速く（短い世代時間）で増殖し、進化することができる。実際、生命誕生以来、長いあいだ彼らしかいない天下だった（そして、いまだに繁栄している）。その多くは無性生殖で、じぶんと同じクローンの子孫を生み出すため、個体の「死」すらない。

老化や死は有性生殖に伴って登場し、多細胞生物において広まった。では、単細胞生物から複雑な多細胞生物へと進化したメリットは何なのか？　そして進化はなぜ老化や死を許容するのか？　多細胞生物のメリットのひとつは、損傷や感染して細胞にガタがきても新たな細胞で作り直せることだ。ただし、デメリットもある。細胞分裂の際のエラーが蓄積すると、ガンにかかってしまう。そして、ここにも矛盾がひそんでいる。より体が大きく（細胞が多く）、より寿命が長い生物ほど、ガンにかかるリスクは高くなるはずだ。しかし、そうではない。より長命の種のほうが、そしてより大型の種のほうがガンから守られているのである（ピトのパラドックス）。

寿命についてもねじれた事実が浮かび上がる。本書は寿命について、まず「死亡倍加時間（死亡率が一定の期間ごとに倍になる）」と「初期死亡率」に注目する（ゴンペルツの法則）。これによって、人間の寿命の延びは、初期死亡率の低下に起因し、老化が進んでいないためではないことがわかる。しかし、驚くべきことに超高齢になると、なんと老化は止まってしまう！　また「二重の働きをする突然変異」も矛盾そのものだ。これは若い生殖期にはプラスとなっても、年を取ると健康に害になるという両義的な突然変異のことである（たとえば感染症を防ぐ一方で、年を取ると関節リウマチにかかりやすくなる免疫系の働きなど）。

どうやら生存（寿命）と生殖（繁殖）は、トレードオフのかかわりのようだ。生殖細胞は化学信号によって遺伝子スイッチを切り換え、寿命の長さを制御しているらしい（たとえば、卵巣のない突然変異体のショウジョウバエは野生型よりかなり長生きだ。またタイヘイヨウサケや、大豆などの植物でさえ去勢されると寿命を延ばす）。身体を作る体細胞はダメージが蓄積して老い死んでいくが、生殖細胞（遺伝情報）は守られ、次世代へと受け継がれる。では、老化や寿命はガタのきた個体を排除し、新たな若々しい個体へと道を譲るためにあるのだろうか？　そうではないと本書は注意を

促す。老化や寿命とは、「年を取ると自然選択が引退する」成り行きなのである。一方で、植物や群体動物は、生殖細胞と体細胞の系列が分化していないので、自然選択が突然変異の有害な影響から細胞を保護し続けている。そのため、一般にきわめて長寿だ。

興味深いのは、外部要因による成体死亡率（外的死亡率）が高くなるほど短命になりやすく、低いほど長寿になりやすいということだ（生物学者ウィリアムの説）。実際、意図的に集団の外的死亡率を高めると、その集団の寿命が縮まることが生物実験で検証されている。「生き急ぎ、若くして死ぬ（成体期に生きるリスクが高いと世代交代のペースが早まる）」ようになるのだ。逆に外的死亡率の低い環境であれば、老化が遅くなる。たとえば、大型捕食者のいない島で暮らすオポッサムは、捕食リスクの高い本土の仲間たちと比べて、その老化速度がほぼ半分であることがわかった。

このような知見から、ヒトが長寿な種である理由も浮かび上がる。ヒトの祖先たちはもともと、成体死亡率の低い樹上で暮らしていた（樹上で生活する霊長類・哺乳類は寿命が長い）。また、哺乳類では脳の大きな種ほど長生きする。そして、ヒトには他の霊長類にはない「閉経」という出来事がある。ヒトの女性にはなぜ閉経があり、子孫を残せなくなってからでも長生きできるのか？　本書はこの問いにも答えるが、男性には嬉しくない説明にちがいない。

ヒトのような長寿の哺乳類は、テロメアが短いというのも大いなるパラドックスだろう。生命の回数券と言われるテロメアは、長いほうが細胞の老化を防げるはずなのに。これは、ヒトの体細胞にはテロメアを長く伸ばす酵素であるテロメラーゼがない（マウスにはある）ということにも関連している。ヒトのほうがマウスよりずっと多くの細胞があり、細胞複製の回数もはるかに多いにもかかわらず、ガンの発症率は変わらない。つまり、テロメラーゼの生成スイッチが切れている上に、テロメアの短いことが、ガンという細胞分裂の暴走を止めるブレーキになっているのだ。しかし、このことは若い時期には有益だが、高齢になると不利に働く。先に見たように、自然選択は老化を引き起こす要因が、若いころに有益なら黙認するのだ。

さて、人類はその大きな脳を駆使して、老化を止められるだろうか？　本書はカロリー制限や抗酸化物質の効果を検証する一方で、老化細胞を除去する動物実験などにも注目する。とはいえ、進化生態学者である著者の視点に学ぶなら、多様な生き物たちの老化や寿命への考察とともに、私たち人間が老いと死に向き合う姿勢も見えてくるのではなかろうか。

最後になったが、文学的な引用もちりばめられた含蓄ある原著を、わかりやすく的確な日本語に訳してくださった寺町朋子さんに多大の感謝を！

本書出版プロデューサー　真柴隆弘