

2023 年市民講座 『生物はなぜ死ぬのか』

大隅基礎科学創成財団は 2023 年 8 月 26 日(土)午後 3 時からオンラインで「生物はなぜ死ぬのか」と題して東京大学定量生命科学研究所の小林武彦教授による市民講座を開きました。

冒頭、大隅良典理事長が「大隅財団の特徴の一つは基礎科学の優れた研究者が集まっていることです。財団理事を兼務していただいている小林先生もその一人で、基礎生物学研究所以来の私の友人でもあります。最近出版された新書(注1)が大きな反響を呼んでいて、本日の講座にも全国から 350 人を超える多数の参加者が登録されました。このような市民講座を通じて基礎科学の面白さ、大切さを皆様を知っていただきたいと思います」と挨拶、飯田秀利理事の司会で講演が始まり、活発な質疑応答を含めて午後 4 時半に閉会しました。以下にその要旨を紹介します。

大隅基礎科学創成財団 理事
大谷 清

講演 生物はなぜ死ぬのか

東京大学定量生命科学研究所 教授
大隅基礎科学創成財団 理事
小林 武彦

「生物はなぜ死ぬのか」は生物学の最大疑問です。進化の結果としてでき上がった生物はこんなにも精巧に作られているのに、なぜわざわざ壊さなければならぬのか。「死なない生物」になぜ進化しなかったか。それには老化や死が絶対に避けられなかった理由があるはずです。一体、死が必要だった理由はなにか。

私は酵母を使って老化のメカニズムを研究している。不思議なことに壊れると酵母が元気になる遺伝子が存在する。生物を死なせる遺伝子がいくつかあることもわかっています。本日は

① 生物はなぜ死ぬのか、②人の老いとは何か、③老年的超越を目指しての順にお話したい。

① 生物はなぜ死ぬのか

およそ生物の寿命は異なるものの必ず死ぬ。短いのであれば酵母は 2-3 日、長いのではニシオンデンザメの 500 年、ヒトは 50.7 歳から 84.3 歳までで社会によって寿命が違うが、平均は 73.3 歳。ちなみに 83.4 歳は日本人だ。

同じ種で言うと体が大きい方が寿命も長い傾向にある。では人の場合も小柄な人は寿命が短いかといえば、確かに中肉中背の人に長寿が多いが、人の場合は多くは病気で死ぬので「病気にならないこと」が長寿の条件と言える。



死には「死に方のパターン」が3つある。

- 1 プログラム的に死ぬ。カゲロウは成虫になって数時間ないし数十時間で死ぬ。生殖するだけなので口すらない。カブトムシなどの昆虫もキツカリ死ぬ。
- 2 食べられて死ぬ。ネズミや魚類は食物連鎖の上位のものに食べられて死ぬ。アクシデント型とも言うべき死に方だ
- 3 食べられなくなって死ぬ。ホッキョクグマは体力がアザラシを捕獲し、食べられなくなると死ぬ。老化型だが、病死ではない。

生き物の死は不条理に見える。死に方が違っても、そもそもなぜ死ぬのだろう。

生物学では「なぜ」という疑問にぶつかると「進化」を考える。生物は進化によって存在してきた。世代を遡ると究極的には一つの細胞に行き着く。死とは何かを考える場合も、生き物を遡っていくと、一番最初にいた生き物が死ぬことから始まっている。

生物の誕生とされる 38 億年前にタイムトラベルすると、地球の熱水噴火口近くの化学反応で RNA やアミノ酸といった有機物が合成され、生き物の材料になった。ここからが奇跡、つまり進化のプログラムが始まって「変化」と「選択」が繰り返し起きていく。

最初にできたのは RNA だと考える研究者が多い。RNA は G、A、U、C の 4 つの塩基が紐状につながった分子で、自己編集機能と自己複製機能を持つ。その機能によって偶然できたいろんな RNA の中には、たとえば高い複製機能を持つもの（仮に A と呼ぶ）ができると他の RNA は分解されてその材料になり、A は「変化」して A' になる。材料になったものは「死」んだいうことになる。A' は A'' になり A''' と連鎖して行って非常に増えやすい「生命のタネ」になっていく。

超ご先祖様とも言うべき A が持つ遺伝情報をゲノムという。生物になる前の「生き物」は RNA であり DNA で、そこに書かれているゲノムは壊され、作り替えられ、選択されて進化していく。さらに膜に包まれ、袋ごと増えて細胞となり、多細胞になり、ヒトにつながっていった。つまり「変化」と「選択」の進化のプログラムの過程で生き残ったのがヒトということになる。

今でもこのプログラムは機能している。RNA と違って 2 本鎖の DNA はメッセンジャー RNA を使ってリボソーム（注 2）でタンパク質に翻訳されて体を作っている。DNA は RNA に比べて多少は壊れにくくはなっているものの、何しろ 2 メートルもの長さの鎖が 100 分の 1 ミリの細胞核の中にたたまれ収められているので、複製するときに切れたり、間違えたりすることがある。これが病気であり、老化であり、細胞死だ。

ヒトの遺伝病の中に思春期以降、急速に老化スピードが早くなる病気がある。ウェルナー症候群などの早期老化症がそれで、原因はゲノムが壊れやすく、修復がうまくいかないためとされている。2022 年に「生物の寿命と DNA の壊れやすさ（変異）は逆相関にある」という興味深い論文が Nature に掲載された。それによると DNA が壊れにくい生物ほど寿命が長い。ヒトは 1 年に 60-70 ヶ所しか変化しないが、ハツカネズミはその 10 倍以上の 800 個も変化する。

以上をまとめると、生物はなぜ死ぬか、それはゲノムが壊れるからだ、なぜ壊れるのか、それは壊れるようにできているから。壊れないと変化と選択が起きず、進化しないことになる。死は人生の終わりだが、進化の始まりでもある。死は結果ではなく、生命が存在する原因である。死ぬものだけが存在している、生き物は最初から死ぬようにできている、ということになる。

2 ヒトの「老い」とは何か

次に、頑張れば長生きできる、という話に移ろう。

日本は世界一の長寿国だ。昨年、史上2位の長寿119歳で亡くなった田中力子さん、現在116歳の巽フサさんなど、現在長寿トップ10人のうち3人が日本人だ。100歳以上の日本人は私が生まれた59年前は150人ぐらいだったのが、今は9万人いる。

しかし戦後の日本人の生存曲線を見ると平均寿命は伸びたが、超高齢者の割合はほとんど変わっていない。2016年のNature論文でも1990年台から人の超高齢者の割合は延びておらず、ヒトの最大寿命は120歳程度と予測している。

「老い」はヒト特有の生理現象だ。野性の哺乳動物には「老後」はない。2017年のある論文によると子供を産めなくなった閉経後の寿命を「老後」とすると、閉経以降も生きるのは調査対象哺乳動物の中ではヒト以外にはシャチ、ゴンドウクジラしかいなかった。動物園などで飼われている動物は例外として、ゴジラやチンパンジーも子供が産めなくなったらすぐに寿命を迎えて死んでしまう

ヒトとチンパンジーのゲノムの違いはわずか1.5%なのに、なぜヒトにだけ「老後」があるのか。何がきっかけになったのか。チンパンジーからヒトが別れたのは600万-700万年前といわれる。きっかけは体毛だ。ヒトは毛の抜けた、裸のサルだ。

ヒトは3歳までは1人では生きられない。ヒトの祖先は集団で暮らした。ヒトに老後がなぜできたかを進化的に説明する仮説に「おばあちゃん仮説」がある。たまたま長寿になる遺伝子を持ったヒトが現れ、彼女たちが子育てに貢献したため、その遺伝子を持つヒトが「選択」され、多数になっていったとする説だ。

祖母が元気で長生きな家庭ほど栄えると言われるが、ヒトの集団でも団結の中心に年配者がいる集団ほど栄えた。年配者には経験、知識があり、私欲が少ない。年配者のいる方がヒトの生き残りには有利だった。文明が高度化すればするほど年配者が存在する意味は大きくなり、集団やヒトの寿命も伸びていくスパイラルが生じる。つまり人の「老い」は利己から利他への意識変化を伴った社会貢献のためにある。

3 老年的超越を目指して

以上のように「老い」とはお役目があって生かされている存在だが、では年長者の幸せとはなんだろうか。

スウェーデンの社会学者トルンスタムが1989年に調査、分析したところによると、年長者の心理的特徴は次の4つにまとめられる。

- ① 物質的、合理的な世界観から宇宙的、非合理的な世界観への変化。
- ② 感謝の認識。他者に支えられているという認識と感謝の念が強まる。
- ③ 利他性。自分中心から他者を大切にする姿勢。
- ④ 自己肯定感。肯定的な自己評価、ポジティブな感情。

つまり年長者は十分な満足感と幸福感に浸され、死に対する恐怖も薄れていく。老年的超越とは幸福感に満ち溢れた心境に達するまで頑張るって生きる、ということではないだろうか。

以上

Q&A セッションでの小林教授のコメント

哺乳類の「限界寿命」を決めるものに拍動数 20 億回説がある。機械的組織としての心臓が消耗、劣化、老化する拍動数は 20 億回程度。ヒトの場合は 50 歳前後で 20 億回に到達する。ヒトは心臓に負担のかからない生き方をしているといえる。

など、いくつかの質問に回答した。

小林武彦氏のプロフィール

1963 年横浜生まれ、九州大学大学院博士課程修了（理学博士）、米国ロシュ分子生物学研究所、米国国立衛生研究所（NIH）、基礎生物学研究所助教授、国立遺伝学研究所教授、東京工業大学教授（兼任）を経て現職。生物科学学会連合代表、日本遺伝学会会長などを歴任。日本学術会議会員。

注

- 1 「なぜヒトだけが老いるのか」（2023 年 6 月、講談社現代新書）、前作：「生物はなぜ死ぬのか」（2021 年 4 月、同）
- 2 リボソーム：全ての細胞に存在する生体タンパク質合成を行う分子機械

以上