

老いを科学する：  
老化と寿命はどこからやってくるのか？

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2016-07-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 丑丸, 敬史 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10297/9768">http://hdl.handle.net/10297/9768</a>

# 老いを科学する

——老化と寿命はどこからやってくるのか？——

丑丸 敬史

はじめに

今回のタイトルは、「老化と寿命はどこからやってくるのか？」です。われわれが非常に関心をもっているのは、もちろん健康で長生きしたいということですが、それを妨げている老化や寿命は、生物のどのような仕組みによるものか、現代生物学でどこまで分かっているのかという、最新の話をしたと思います。

新聞の紙面では、毎年どこかのタイミングで世界の平均寿命の統計が出されます。二〇一四年は、日本の男性はついに八十歳を超えて世界八位、女性は八七歳で世界一位でした（表1）（なおかつ、お年を召された日本人が、陸上で世界新記録を出しています）。健康寿命という言葉もありますが、この日本のいい流れを続けていけるのかは、非常

に関心の高いところです。

どのような仕組みで生物は老化するのか

十 静岡県は長寿県か

日本は超長寿国です。日本において静岡県は長寿県かという点、男性が一〇位で、女性は三二位です。私はよそから来た人間ですが、静岡はもう少し上位にいてもいいのではないかというイメージを持っていました。静岡に来たときに、非常に穏やかな人たちが多いという印象を持ちましたが、多分それは、温暖な気候からくる県民性だと思います。静岡県は決して自然環境が厳しい県ではないので、もっと上位を狙えるポテンシャルはあると思います。

平均寿命一位の県は長野です。マスコミなどでよく取り

上げられますが、長野は昔はどちらかというと平均寿命が短い県でした。しかし、県を挙げて平均寿命を延ばそうという取り組みを行い、塩分を控えること、野菜の摂取量を増やすこと、お年を召されてからも運動を続けることを推奨したのです。あわせて喫煙率の低さが一位の理由だと思います。

青森は男性も女性も最下位の四七位ですが、この原因は塩分の取り過ぎだといわれています。青森県人は、塩分の濃いお漬物などを好んで食べています。気付いていても、塩分摂取はなかなか抑えられないのですが、長野県は、それをコントロールしようという取り組みを行っています。きちんと塩分がコントロールできていくかどうか、近所に応援する人がいて、地域ぐるみで見守った結果、平均寿命が延びました。食生活や運動など、日ごろのちょっとした習慣を気にするだけ

表1 国別男女の平均寿命(2012年)/世界保健機関(WHO)「世界保健統計」2014年版

男性			女性		
ランク	国	平均余命	ランク	国	平均余命
1	アイスランド	81.2	1	日本	87
2	スイス	80.7	2	スペイン	85.1
3	オーストラリア	80.5	3	スイス	85.1
4	イスラエル	80.2	4	シンガポール	85.1
5	シンガポール	80.2	5	イタリア	85
6	ニュージーランド	80.2	6	フランス	84.9
7	イタリア	80.2	7	オーストラリア	84.6
8	日本	80	8	韓国共和国	84.6
9	スウェーデン	80	9	ルクセンブルク	84.1
10	ルクセンブルク	79.7	10	ポルトガル	84

で、平均寿命は延びます。静岡県の方も今の寿命に満足せず、長野のように取り組み、さらに健康で長く生きられるのではないかと思います。

#### † 静岡県と健康寿命

他人の助けなしに生きられる「健康寿命」を見ると、静岡県は男性が二位で女性が一位と、健康寿命に関しては上位です(表2)。健康寿命が長くと平均寿命がそれほどでもないとなると、何らかの介護を必要とする期間が短くなります。「ピンコロ」と言われますが、静岡県人は長い健康寿命を持っていて、その先はぼっくり亡くなってしまおうという感じなのかもしれません。もちろん健康寿命は長い方がよいので、さらに健康寿命を延ばしていくことを県も目指しています。

表2 健康寿命の上位5県/厚生科学審議会「地域保健健康増進栄養部会資料」(2014年)

男性	(歳)	女性	(歳)
愛知	71.74	静岡	75.32
静岡	71.68	群馬	75.27
千葉	71.62	愛知	74.93
茨城	71.32	沖縄	74.86
山梨	71.20	栃木	74.86

#### † 寿命と遺伝子

寿命は生活習慣で決まるのか、遺伝子で決まるのかという、答えは「どちらも重要」ということになります。われわれは、経験的に長生きの家系があることを知っています。

す。例えば、水木しげる先生の家系は、お兄さんも弟さんもご存命で、三人の年齢を合計すると二百七十歳以上ですが、「ご兄弟そろって元気に長生きしていらっしやいます（著者注…水木しげるさんはこの講演の後、二〇一五年一月三〇日にご逝去された。享年九三歳）。

日本だけではなく世界で行われている「百寿者プロジェクト」では、百歳を迎えている方の血液をいただいて、長生きしている人は、他の人が持っていない特別な遺伝子を持っているのかを調べています。例えば、風邪をひきにくいなど、免疫力が強い遺伝子が含まれているかもしれない。病気をしなければ人間は体力が損なわれることがないので長生きできますが、病気をしやすい人は、体力がほとんど削られてしまうので長生きしにくいと思います。さまざまな要因で、寿命の長さが決まっていると考えられています。

重要な遺伝子が分かっても、人間の場合には遺伝子操作をして寿命を延ばすというわけにはいきません。しかし、モデル生物である線虫で遺伝子操作をすると、寿命が六倍延びました。これを人間に当てはめると、二十〜三十年ぐらい延命できるということです。すごいことだと思いますが、一つの遺伝子をいじっただけで生物の寿命が六倍延び

るといのは、少し考えればおかしいわけです。生物は何億年もかけて、進化の過程でアップデートして、素晴らしい構造や遺伝子を持っているはずですが、そういう遺伝子をもつても、寿命を最大限延ばすように設計されているわけではないということです。ここは生物の寿命を考える上で、とても重要なポイントです。どのような仕組みで老化するのが分かれば、人為的に寿命を延ばすことは可能だと、この分野の多くの研究者は考えています。

### 老化を理解するためのキーワード1 活性酸素

今回は、「活性酸素」と「カロリー制限」を、老化を理解するための二つのキーワードとして取り上げます。この二つは健康番組などでよく出てくる言葉ですが、まず活性酸素についてお話しする前に、生物の進化について、前振りとして説明します。

#### †カンブリア爆発

大型生物の化石が発見されるようになってきたのは、五億四千二百万年前のカンブリア紀からです。そこから魚類が出現し、両生類、は虫類、哺乳類が出現し、人類は

二十万年前ぐらいにアフリカで出現したといわれています。地球の寿命は約五十億年だといわれていますが、その中で五億年前に大型生物が突如として地球上に現れました（図1）。

カンブリア紀に一気にさまざまな生物種が地球上に現れました。アノマロカリスが一番有名だと思いますが、ハルキゲニアやオパピニアなども、興味のある小学生なら知っているカンブリア爆発のときに現れた奇妙な生物たちです。彼らの子孫は残念ながら地球上にいません。さまざまな生物モデルが地球上で試され、進化の過程でそぎ落とされ、生き残ってきたのがわれわれです。ピカイアが脊椎動物の先祖だといわれていますが、これが今日のわれわれを産み出しました。

カンブリア爆発が起きた理由ですが、地球上の酸素分圧

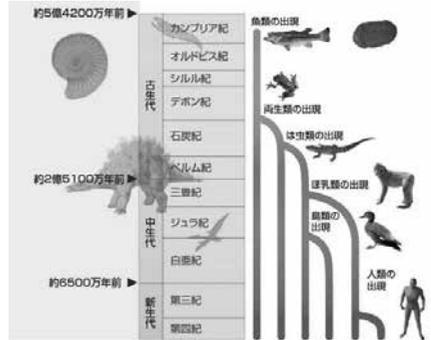


図1 人に至るまでの生物進化／株式会社ニコン「光と人の物語～見るということ～」(http://www.nikon.co.jp/channel/light/chap05/sec01/index.htm)

を見ると、カンブリア爆発が起こったときは、酸素濃度が飛躍的に増加していました。植物が地球上が増えて、海藻のような藻類が酸素をどんどん出してくれたおかげで、地球上に酸素がたまりました。呼吸ができるとわれわれは運動できます。このような形で、酸素をたくさん使って活発に動き回る動物が、酸素分圧が増加したカンブリア紀にたくさん出現したわけです。

#### ↑酸素呼吸により生じるエネルギー

われわれにとって酸素は非常に大事です。酸素を使い糖分、脂肪、タンパク質を体の中で燃焼させ、二酸化炭素として排出し、一部は水になりますがエネルギーを得ています。それにより運動エネルギーだけではなく、体のさまざまな機能をつかさどるエネルギーをつくり出します。もちろん体温を維持する熱エネルギーにも一部使われ、余分なものは貯蔵エネルギーとなり、体脂肪としてため込まれます。われわれにとつて酸素は、エネルギーを得る上でなくてはならないのです。

細胞内のミトコンドリアで呼吸が行われ、エネルギーがつけられています。一方、酸素はものを酸化させる働きがあります。それが酸素の害です。酸素と結び付いて、くぎ

がさびたり、リングもあつという間に茶色くなったりしますが、生体内には、酸素分子より酸化力の強いさまざまな活性酸素と呼ばれるものがあります。スーパーオキシドや、有名なものではオキシフルに含まれている過酸化水素も活性酸素の仲間です。それが酸素からつくられてしまいます(図2)。

ミトコンドリアでの呼吸を通して、ほとんどの酸素は燃焼で水と二酸化炭素になります。酸素のほとんどの活動エネルギー生産に使用されますが、処理されなかつた二〜三パーセントが活性酸素になります。酸素を水にする効率は、われわれ人間だけでなく、すべての生物で一〇〇パーセントではなく、歩留まり率が九七パーセントぐらいです。水に代謝されなかつた残りの二〜三パーセントが活性酸素になってしまいます。つまり、生きて呼吸する限りは、細胞の中で活性酸素が不可避免的に生じてしまうのです。活性酸素を発生させたくないからといって、息を止めるわけにはいきません。呼吸している限り、活性酸

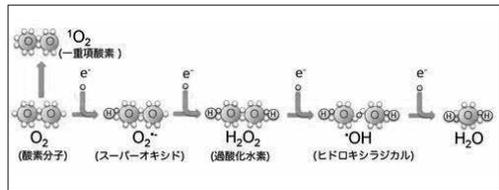


図2 酸素より酸化力の強い活性酸素種 / 東邦大学理学部生物学科「生体内のレッドクス(酸化還元)反応と活性酸素種」(<http://www.sci.toho-u.ac.jp/bio/column/031624.html>)

素が生じてしまうことが、われわれにとって残念なことであり、これが老化の原因の一つになるのです。

### ＋活性酸素は万病のもと

活性酸素は酸化力が非常に強く、細胞の中のDNA、タンパク質、脂肪を酸化させるので、細胞の部品が日々傷ついていきます。これが細胞の老化と呼ばれる現象です。あまりにも細胞の老化が激しくなると、細胞死が起こります。例えるなら『天空の城ラピュタ』に出てくるロボット兵のような感じで、日々体がさびていくというイメージです。

活性酸素は動脈硬化、高脂血症、高血圧、心筋梗塞などの誘因になります。血管内皮の細胞がダメージを受けて固くなり、もろくなって血管が破れやすくなります。活性酸素はDNAにダメージを与えるので、がんも引き起こします。血管がもろくなっているので、脳卒中も起こります。白内障や、女性にとっては気になる肌のしみ・しわも、細胞の老化が引き起こしています。

### ＋体重と寿命の関係

活性酸素により、寿命が影響を受けていることを示す証

扱は幾つかあります。そのうちのひとつとして、小さい動物ほど寿命が短いという現象を、われわれは知っています。ネズミは二〜三年で死んでしましますが、ゾウやカバは非常に長生きです。体重と最長寿命の関係を示した曲線を見ると、やはり体の大きいゾウやクジラは長生きで、マウスやハムスターなど体の小さい動物は早死にです(図3)。ヒトはヤギやヒツジと同じか、それ以下の体重しかないのです、本当であれば二十年ぐらいで死んでしまうはずです。しかし、不思議なことにヒトは長生きしています。これは医療が発達しているからではなく、別の事情があります。幸いなことにヒトは、体重と寿命の曲線から離れた位置にいるということを記憶しておいてください。

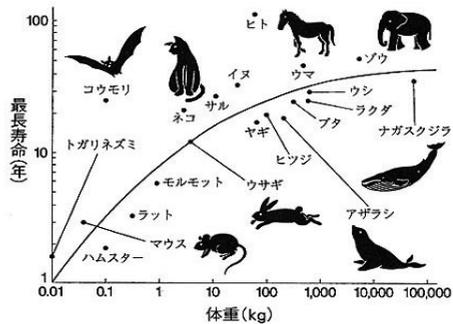


図3 哺乳動物の体重と最長寿命 / 電気と磁気? (ハテナ)館「物の老化と磁気」(<http://www.tdk.co.jp/techmag/magnetism/zzz25000.htm>)

#### ↑酸素消費量と寿命の関係

例外的なヒトはともかく、なぜこのような関係が生じているのでしょうか。われわれは、体温を保持しなければいけない恒温動物で、三七度程度の体温を毎日維持しています。体表面からは熱がどんどん奪われるので、それを補充するために、呼吸により得られるエネルギーで体温を維持しています。ここで小石と大きな岩をイメージしていただきたいのですが、小石は内部の熱が逃げやすく、冷めやすいのに対して、大きな岩は日が暮れてもずっと温かいです。これは表面積と体積の関係によるものです。体の大きいものは、体積の増加ほど表面積が増加しません。数学的には、体積は体の大きさの三乗に比例しますが、表面積は二乗にしか比例しません。表面積の増加の仕方の方が小さいので、体が大きいと熱が逃げにくくなるというメリットがあります。

小石に相当する小型の動物は、体温を維持しようとする、体重当たり多くのエネルギーを必要とします。そうすると、体重当たりの呼吸は活発にならざるを得ません。ネコやイヌの心臓音や脈拍数を聞くと、人間よりも早いです。彼らは、人間よりも活発に体重当たりの餌を食べなければ、体温を維持できない生物です。ネズミのように小さい動物

ほど体重当たりの酸素消費量が多くて、それと負に相関して最大寿命が短くなっています（図4）。ブタ、カバ、ウマのように体の大きい動物は、体重当たりの酸素消費量が少ないので、最大寿命は長いのです。ヒトの体重当たりの酸素消費量はラクダと同じぐらいなので、最大寿命もラクダと同じ二十歳ぐらいのはずですが、実際にはそうなることはありません。このことからヒトは特別な動物だということが分かります。

酸素をたくさん利用する動物は、活性酸素により早く死んでしまいます。活性酸素は呼吸だけから生まれるわけではありません。外界にも活性酸素を増やす要因がいくつかあります。紫外線や排気ガス、食品添加物、タバコなどです（図5）。なぜタバコが体を傷つけてがんになるかという、タバコに含まれる物質が人体の中で活性酸素をつくり、それ

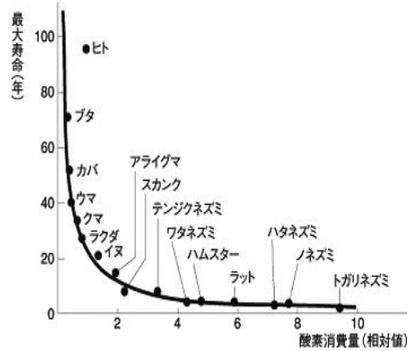


図4 体重当たりの酸素消費量と最大寿命／加藤彦彦「スポーツは体にわるい」光文社、1992年

が体を攻撃するからです。

### ＋運動と寿命の関係

激しい運動も活性酸素を増加させます。激しい運動をすると、基本的なレベルの呼吸量より、酸素を使う量が十倍ぐらいアップするので、活性酸素も十倍発生するはずで、そのため、激しい運動をすると活性酸素の発生が増加します。活性酸素が寿命をコントロールしているという話のつとれば、激しい運動をしていると寿命が短くなることとなります。息の上がるような一般的な運動はすべて激しい運動で、活性酸素が発生する運動です。われわれが普段イメージするスポーツ全般は、実は活性酸素を体内に発生させて、人間の寿命や健康を逆に損なうように働きかねないことが分かっています。

激しい運動をしている人は寿命が短いのか、それに着目して研究した人がいます。ある大学の卒業生を文化系、理工系、体育系の学部に分類して、疫学的な調査を行いました。顕著なのは八二〜八七歳で、文化系、理工系に比べて、

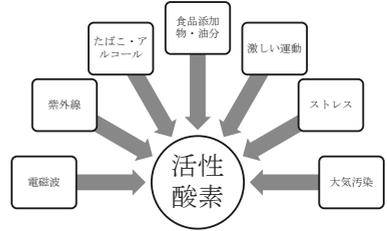


図5 活性酸素を増やす要因

体育系で亡くなっている人はとても少ないです。八七〇九二歳は同じぐらいで、体育系で九二歳以上で亡くなった人は一人もいませんでした。体育系は二二〜二七歳、三二〜三七歳のグループで亡くなっている人が、文化系、理工系に比べて多いです。つまり、平均的な寿命を迎える前に亡くなっている割合が、体育系の人に多いということです。この調査では、平均六歳以上寿命が短いという結果でした。

体育系出身者はスポーツの指導者になり、自分自身も汗をかきトレーニングをして、鍛えたりしていると思います。が、われわれが普段考えているイメージとは違い、「スポーツは体にいい」ということは真逆の結果をもたらしています。よくいわれることですが、「過ぎたるは及ばざるがごとし」で、激しい運動をし過ぎると体に良くないということとです。

ではどのぐらいの運動を推奨しているかということですが、息の上がる運動は駄目だからといって、家の中にこもっていると、筋肉は使わなければ落ちるので、体力が落ちてしまいます。ウォーキングは、活性酸素の発生もそれほどなくて良いといわれています。長生きには適度な運動が重要だという逆説的な話です。

#### †細胞に備わっている活性酸素消去系

しかし、生物は活性酸素に対して無防備なのかというと、決してそんなことはありません。呼吸の過程で活性酸素がどうしても生じてしまうことは、生物にとっては織り込み済みです。細胞にはそれに対する防御も、ある程度備わっています。酸素から生まれるスーパーオキシドを消去する酵素があります。スーパーオキシド・ジスムターゼ(SOD)という酵素が、スーパーオキシドを過酸化水素に代謝してくれます。過酸化水素も危険なので、カタラーゼという酵素がさらに解毒して、水にしてくれます。SODとカタラーゼの連携により、スーパーオキシドが体の中に発生しても、水にまで解毒されるようになっていきます。SODがわれわれの体を守ってくれている限り、活性酸素が発生しても、細胞はそれほどダメージを負うことはありません。

研究者が見つけたヒトが長生きである理由の一つは、ヒトは活性酸素を消去するSODの細胞内の活性が、サルの間と比較すると、ずば抜けて高いということです(図6)。ありがたいことに、ヒトは大量のSODにより細胞が守られている生物です。活性酸素が寿命に関係しているということをサポートするデータの一つです。しかし、若い間はSODの活性は高いのですが、三五歳を過ぎるとS

ODの活性が急激に下がってくるこ  
とが知られていま  
す。五十代、六十  
代以降の人は、若  
いときと同じよう  
に活性酸素が処理  
されなくなりまし  
す。

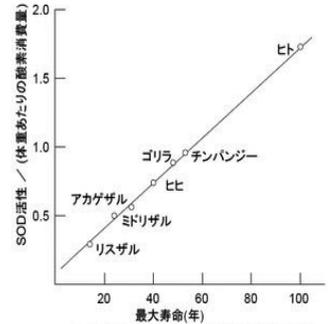


図6 酸素消費量に対するSOD活性と寿命の関係  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fd/Super\\_oxide\\_dismutase\\_activity\\_and\\_life\\_span\\_ja.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fd/Super_oxide_dismutase_activity_and_life_span_ja.png)

もちろん、年を取るに従って細胞の活動度も落ちます。細胞を守ってくれるSODが急激に失われてしまうことは、とても残念なことです。SODは酵素(タンパク質)なので、残念ながら外から摂取することはできません。もし摂取したとしても、胃で分解されてしまいます。SODは重要だと分かっているながら、SODをサプリとして取ることはできません。

激しい運動と活性酸素による老化の関連が新聞に載っていました。「激しい運動は二五歳までにしておく」というようなお勧めも書いてありました。SODが守ってくれている間は大丈夫ですが、それを過ぎて激しい運動を続けていると、細胞はどんどん傷みます。

### 十外から取れる酸化防止剤

では、外から摂取できて活性酸素を減らしてくれるものはないのでしょうか。スポーツドリンクのパッケージの原材料名には、酸化防止剤(ビタミンC)と書かれています。われわれは、体に必要だからといってビタミンCを取りますが、ビタミンCがどのように働いているのか、仕組みをご存知でしょうか。ビタミンCは酸化防止剤として働くので、活性酸素を消去してくれます。食品添加物として入っているときには、酸化防止剤として、溶液の成分が酸化されないように守ってくれます。同じように、ビタミンCは人間の体の中で、活性酸素に傷つけられる、われわれの細胞の身代わりになって守ってくれます。

長年の研究で分かっている、活性酸素を間違いなく減らせるものとしては、有名なビタミンC、ビタミンE(αトコフェロール)、βカロテンがあります(図7)。この中でどれが一番優れている

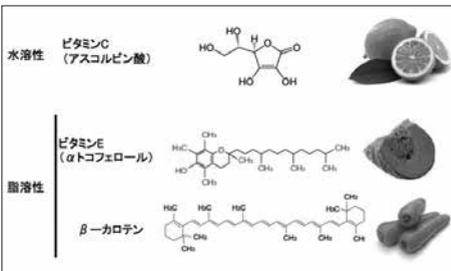


図7 外から取れる酸化防止剤

のかは、関心のあるところだと思えますが、実は役割分担が少し違います。ビタミンCは水溶性で、水によく溶ける性質を持っていますが、ビタミンEとβカロテンは脂のよくな構造をしています、脂には溶けるけれど、水には溶けにくい化合物です。つまり、水に溶ける成分の酸化防止にはビタミンC、脂質でできている細胞膜の酸化防止には、ビタミンEやβカロテンが必要だということで、やはりどちらも取る必要があります。ビタミンCだけを取っておけばいいというものではありません。組み合わせることで、非常に効果を発揮します。

さらに、静岡県が世界に誇れるものとして、お茶に入っているカテキンがあります。水溶性や脂溶性のカテキンがあるようですが、ビタミンEより低濃度で効果があることが分かっています。研究結果を見ると、カテキンは、ビタミンC、ビタミンE、βカロテンよりも酸化防止効果が優れています。カテキンはお茶の渋み成分です。渋いお茶が大好きな人は、知らないうちに長生きの努力をしていることになると思います。お茶の産地なので、静岡県の方は濃いお茶が好きだろうと勝手に思っていますが、今後ともぜひ毎日飲み続けてほしいと思います。

中には甘いお茶の方が好きな人もいますが、甘

み成分はテアニンという別の物質で、活性酸素を消去する効果は残念ながらありません。甘いお茶が好きなのは、低温のお湯で、渋み成分が出ないように出すといいますが、カテキンは熱いお茶の方がよく出ます。十分間ぐらい急須にいれておいた濃いお茶の方が、一日に必要なカテキン量が取れます。渋いお茶が好きな人は、一日三杯ぐらい飲めば、必要なカテキン量が十分取れます。特別濃いことをうたったペットボトルのお茶でも、急須でいれたお茶に比べると、カテキンは少ないです。急須に茶葉を入れて、熱いお湯を注いで飲むお茶の方が、より多くのカテキンを含んでいます。

以前、静岡県立大学の先生が調査されたところ、特にお茶どころの川根の方では、男女ともに胃がんが少なかつたということです（図8）。活性酸素によりD

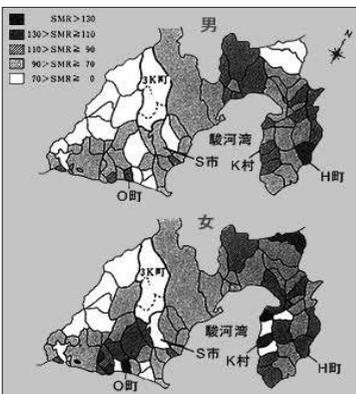


図8 静岡県における市町村別がんSMR分布図(1969~1982)／小國伊太郎「緑茶の機能性—がん予防機能を中心に」静岡県立大学短期大学部『研究紀要』14(1)、2000年

NAが傷つけられると、そのDNAが変異してがんを生み出すことがあります。お茶が大好きな人たちは、知らず知らずのうちに活性酸素を消去することにより、がんも予防していることとなります。

### アンチエイジングサプリは本当に効くのか

世の中には、さまざまなアンチエイジングをうたっているサプリが出ていますが、その中にはほとんど効果のないものがあります。その代表例がコラーゲンやヒアルロン酸です。論理の過ちやすり替えが巧みに行われ、アンチエイジングサプリが売られています。

一般的に、ある物質Aが老化とともに減少するという現象が見つかったとします。ここから言えることは、単純に「年齢と物質Aのレベルには負の相関がある」ことだけです。そこから考えられるのは、一番目に、物質Aの減少が老化の原因であるという可能性です。二番目は、老化の結果として物質Aが減少するという可能性です。三番目に、そのような現象は見いだされるけれど、たまたま時を同じくして見られる現象で、二つの間には何ら因果関係がない可能性もあります。

確かにコラーゲンもヒアルロン酸も、二十歳からどんどん失われていきます。それが肌の弾力などに関係していることは分かっているのですが、これを補ってあげればいいのではないかと単純に考えるかもしれません。コエンザイムQ10も、年を取るに従ってどんどん落ちていきます。このような現象が見つかったら、世の中にはこれを利用してアンチエイジングサプリができないかと考える人もいます。しかし、コラーゲンが減少するから老化するのではなく、逆に細胞が老化するからコラーゲンやヒアルロン酸が失われるという方が、本当は確かなのです。

また、それを補えばアンチエイジングになり、細胞に届くのかというと、そうではありません。物質Aの減少が老化の原因であったとしても、物質Aを外から補給して、体に取り込むことができるかどうかは別問題です。

例えば、コラーゲンはタンパク質で、ヒアルロン酸は多糖類です。経口摂取で口から取り込んだとします。コラーゲンたっぷりの鶏鍋は、肌に良さそうだと思う人がいるかもしれませんが、鶏鍋を食べてもコラーゲンは胃袋でアミノ酸に分解されてしまいますし、ヒアルロン酸はブドウ糖に分解されてしまうので、細胞にそのままの形で届くことは決してありません。あるいは、コラーゲン入りの化粧品

がありますが、コラーゲンは巨大な分子であるため、皮膚

に塗布しても、皮膚からは内部の細胞に浸透しません。肌

に牛肉を貼り付けて、これが自分の筋肉になると信じる人はいないように、コラーゲンも同じなのです。アクチン、

ミオシンと呼ばれるタンパク質を含む牛肉を貼って、筋肉をつけるという発想と、コラーゲンを塗って皮膚をみ

ずみずしくするという発想は全く同じなので、これには絶対に意味がありません。さらに言えば、コラーゲンはタン

パク質なので、常温で置いておくと腐りますが、腐らないようにするために、コラーゲン入りの化粧品には防腐剤を

入れています。つまり、防腐剤入りの化粧品を塗っていることになり、お肌に良いことをやっているのか、悪いことをやっているのか分かりません。

コラーゲンが効かないことを紹介するインターネットの記事もありますが、ほとんどの人はマイナスの情報は無視

して、効くのではないかという情報に脳内ですり替えています。ある実験では、コエンザイムQ10を摂取させた

マウスは寿命が縮んでしまいました。コラーゲンが減るからといって、外から取り入れればいいかというと、そう

いうわけではないということです。コラーゲンについては Wikipedia に掲載しているので、興味のある方は見てみてく

ださい。

## 老化を理解するためのキーワード2 カロリー制限

### ★究極のアンチエイジング法

二つ目のキーワードはカロリー制限です。カロリー制限こそ究極のアンチエイジング法だと、この分野の研究者は考えています。

ネズミの餌箱に、好きなだけ食べられるように餌を入れておくと、ネズミは好きなだけ食べます。好きなだけ食べたネズミは、三年ぐらいでほとんどが死んでしまいます。

ネズミに好きなだけ食べさせると、平均してどのぐらい食べるのが分かるので、そこから一〇パーセント、五〇パーセント、六〇パーセントと、与えるカロリーを減らしてい

きます。半分も削ると寿命が短くなるのではないかと思えますが、六〇パーセントオフで約二十カ月、五〇パーセントオフで約十八カ月、一〇パーセントオフで約十カ月寿命

は延びました。自分が食べたいだけ食べるよりも、少し減らした方が寿命が延びるということです。昔から日本人は、食欲にあらがってでも食べる量を少し減らす方が、健康で

長生きできることを経験的に知っていて、「腹八分目に医者

要らず」と言いました。

原生動物、ミジンコ、クモ、グッピー、ラットなど、これまで調べられている動物すべてで、カロリー制限をすると寿命が延びることが分かっています(図9)。最近、サルも長生きするというこ

とも報告され、人にも起こり得るといふことが分かりました。同じ時期に生まれたサルでも、通常食サルがはげかけ

ているのに対し、

腹七分目のサルは毛がふさふさとしていて、若く見えま

す(図10)。人間に

応用するとしたら、

五〇パーセントオ

フは激し過ぎるの

で、腹七分目ぐら

いがいいと考えら

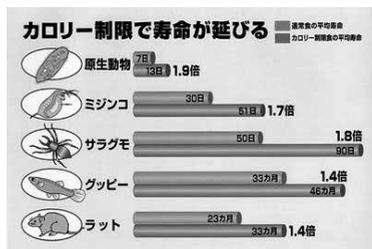


図9 カロリー制限で寿命が延びる／公益財団法人テロモ生命科学芸術財団「生命科学DOKIDOKI」研究室(<https://www.terumozaidan.or.jp/lab/technology/13/04.html>)

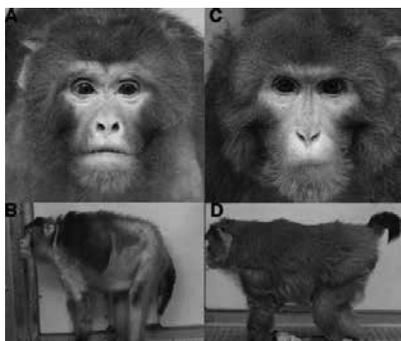


図10 アカゲザルにおけるカロリー制限の実験(A・B:通常食サル、C・D:カロリー制限サル)／Science Vol.325 no.5937(2009)

れます。

宴会などでいろいろなお皿に料理が乗っていると、どうしても手を伸ばして食べたくなります。特に、人がたくさん集まるパーティー、花見、宴会などでは、普段より多く食べ過ぎます。人類が農業を始めるまで、狩猟採集の時代が長く続きました。人類が二十万年前にアフリカで誕生してから、農業が始まったといわれているのが一万年ぐらい前ですから、イノシシやシカ、ゾウを狩ったり、魚を釣ったり、木の実を採ったりする暮らしを、十九万年間続けていました。サルの時代までさかのぼれば、何百万年間もずっとこのような暮らしを続けてきたわけです。

そんな暮らしで一番困るのは、今日は餌が取れても、明日は餌が取れるかどうか分からないことです。人間はもともと木の実を食べているサルの仲間です。きつかけはよく分かっています。地面に下りるようになり、そこから狩りをするようになり、小動物を捕るようになり、大型動物を捕るようになり、雑食性の動物になっていきました。人間が雑食する過程において、次の日に餌が取れるか分からないという期間が長く続いたのです。すべての生物においてそうですが、餌が食べられる、食べられないという変動がある程度起こるような自然環境で生きていたので、われわ

れは明日の分まで食べるようにできています。われわれの食欲は、今日の分を十分満たせば、そこでストップするようにはできていません。常に明日、明後日の分まで見越して食べ、おなかの周りに備蓄されるようになっているので

す。  
今でこそ人間は農業を活発に行い、お金さえあれば近くのコンビニやスーパーで、確実に食料が得られます。そういう社会になったのは、明治以降のここ百年ぐらいです。江戸時代でも天明の大飢饉が起こったり、農業が始まっても飢えとの格闘が長い間続いてきました。今、飽食の時代になったからといっても、遣伝子はすぐに変われません。変わるためには、何万年という長い時間が必要です。だからわれわれは、明日ご飯が食べられると確約されている時代に生きているにもかかわらず、明日の分まで食べてしまいます。つまり、七割落としても全く大丈夫、明日も生きられるということが、こういうことから見えてきます。

## 寿命は延ばせるのか

### ＋カロリー制限の仕組み

カロリーを制限することで、長生きできるようにになると

いう仕組みを解明すれば、長寿薬ができるのではないかと  
いうことが、大きな期待になっていきます。それに関わる二つの重要な酵素が発見されています。一つは、TORC1というリン酸化酵素です。カロリーがあると活性化し、元気になる酵素です。もう一つは、科学番組などで時々取り上げられる、サーチュインという脱アセチル化酵素です。こちらは、カロリーがあると不活性化する酵素です。カロリーがあるときはTORC1が活性化し、サーチュインが不活性化するという二つの働きにより、細胞の活動度がアップします。もちろんカロリーがあると、細胞はどんどん増殖して活動度がアップするので、非常によいことなのですが、実は細胞の活動度がアップすると、活性酸素もたくさん出てしまいま

す。  
イメージとしては、走行距離の長い車と短い車を考えてください。一日の走行距離が長い車は、やはり傷みも激しいです。活動度がすごく高い細胞

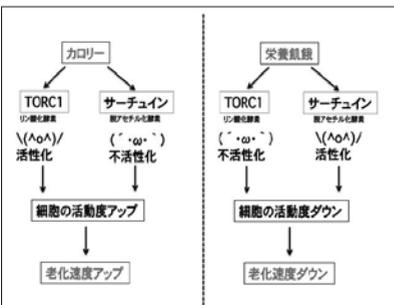


図11 カロリー制限のしくみ

は、傷みも早く、老化速度がアップします。一方、栄養飢餓になった場合は、TORC1は不活性化し、サーチュインは逆に活性化して、細胞の活動度が比較的ダウンします。その結果、細胞の老化速度がダウンすることが、現在の研究で分かっています(図11)。

### ◆薬の開発

私の研究室ではTORC1を研究しています。栄養飢餓とカロリー制限のメカニズムがだんだん分かってきて、カロリー制限の仕組みを理解した上で、それを薬でまねできればということです。腹七分目に抑えることは非常に難しいです。既に実践している方もいらっしゃるかもしれませんが、一般的に美味しいものが食卓に並ぶと、それにあらがうことはなかなか難しく、どうしても手が伸びてしまいます。カロリーを制限しなくても、カロリー制限と同じような効果が得られる薬があれば、食欲を抑えることが難しい人にとってありがたい話です。カロリーがあつたとしても、薬の力でTORC1を不活性化し、サーチュインを活性化できれば、本来の活動度をダウンさせることができ、老化速度をダウンさせることができます。つまり、たくさん食べても、カロリー制限したのと同様の効果が得られる

ような薬がないかということ、見つかったのが「ラパマイシン」と「レスベラトロール」です(図12)。

レスベラトロールはサーチュインを活性化します。ブドウの皮の渋み成分です。赤ブドウの皮に含まれていることが知られているので、私は必ず皮ごと食べるようにしています。これはサプリとしてアメリカで先行発売され、既に日本でも販売されています。赤ワインでもいいといわれていますが、必要量を取るためには、一日に一〇本飲まなければならないので、サプリの方が良さそうです。

ラパマイシンはTORC1を不活性化する薬です。イースター島は現地語でラパ・ヌイ(Rapa Nui)、大きな島と呼ばれています。イースター島から採取された放線菌が作り出す薬がラパマイシンです。放線菌といえば、先日ノーベル賞を受賞された大村智先生が、静岡県で発見した放線

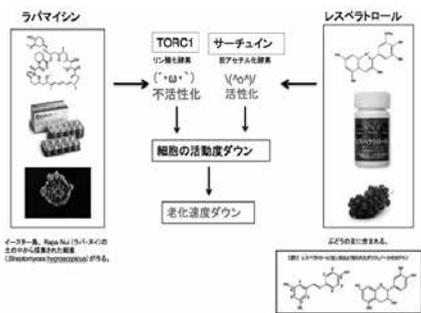


図12 カロリー制限を薬で模倣する

菌からイベルメクチンを開発して、アフリカの目が見えなくなる病気の多くの人たちを救ったことで話題になりました。

ラパマイシンは、現在、研究者が非常に注目している薬の一つです。ラパマイシンの研究では、今年二〇一五年にガードナー国際賞を受賞したMichael N. Hall博士が非常に有名です。私は十数年前、バーゼル大学に留学して、Hall博士の下でTORC1の研究を始めました。そのため、今でもTORC1の研究がメインで、細胞の寿命や老化について研究しています。恐らく彼も数年のうちにノーベル生理学・医学賞を取るのではないかと、弟子の一人としては期待しています。

それらの実験結果を見ていきましょう。レスベラトロール投与による寿命延長効果は、もちろん人間では試せていませんが、酵母や、モデル生物といわれて人間に一番近い魚類でも延びています。寿命は通常より一・七倍延びています。また、ネズミに高カロリー食を与えると、動脈硬化や肥満などの病気になり、寿命はどうしても短くなりますが、この高カロリー食を与えられているネズミにレスベラトロールを同時に与えると、標準食のネズミと同じぐらい生きられます。つまり、脂っぽいものが大好きなネズミでも、

レスベラトロールを投与すると、悪い効果がキャンセルされるということです。レスベラトロールは、人間にも効くと考えられます。

ラパマイシンは、われわれの学問分野で現在知られている、明らかに寿命を延ばせる唯一の薬剤です。われわれは、アンチエイジング剤と言えるかどうか評価するために、最後に死んだ一匹の生存期間が延びるのかを見て、最大寿命を延ばせるかを確認しますが、その結果、ラパマイシンは最大寿命を延ばすことができる唯一の薬であることが分かっています。これを飲むと細胞の活動度が落ちるので、栄養飢餓になった、つまりカロリー制限をしたときと同じような効果が得られるのではないかと想像されます。

#### ＋細胞の寿命

カロリー制限は、何に一番効いているのでしょうか。走行距離が短い車の方が傷みも少ないと例えましたが、もう一つキーワードになることをこれからお話しします。老人性認知症、アルツハイマー病がこれに関連します。アルツハイマー病になると脳が萎縮して、穴が空いたような状態になるといえるのは、皆さんご存じのとおりです。もともとそこにあった神経細胞がどんどん死んでしまうために、穴

が空いたような状態になるわけです。神経細胞が死んだ後は、新しい細胞で埋めればいいのではないかと思うかもしれませんが、それはできません。なぜなら、細胞には固有の寿命があるからです（図13）。表皮細胞は一日です。新しい細胞が下からどんどん生み出されていて、一番表の細胞は垢になり剥がれ落ちます。われわれの表皮細胞は、外界から来る病原菌に最初にコンタクトして、病原菌を包み込んで垢と一緒に除去しています。掃除道具のように、汚くなったら剥がして捨て、きれいな新しい細胞が現れてくるというのが表皮細胞です。それに対して、赤血球は百二十日ぐらい体の中を駆け巡っています。

一方、神経細胞は死ぬまで同じ細胞を使い続けるのです。神経細胞の発達は、四歳程度で完了するといわれています。心筋細胞もそれと同じように、死ぬまで同じ細胞を使い続けます。新しい細胞が

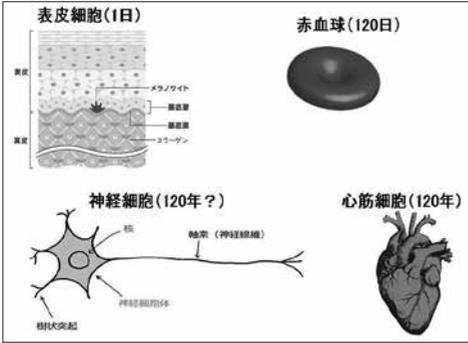


図13 細胞の寿命

次に用意されていないので、「死んだ細胞は補充できません。脳細胞は、記憶などを蓄えている細胞です。細胞が死ぬことにより、蓄えられた記憶も一緒に全部消えていきます。新しい細胞が古い記憶を引き継ぐことはできません。だから、生まれ持って出来上がった脳を大事に使い続けていくしかありません。

#### タンパク質の変性

ではなぜ脳細胞は死んでいくのでしょうか。生卵を加熱すると卵で卵になります。これは、タンパク質のある性質を利用した調理法です。タンパク質自体はひも状態で作られますが、そのひもが折り畳まれ、非常に精密な三次元構造をとります。しかし、加熱するとその三次元構造が崩れてしまいます。三次元構造の崩れたタンパク質を「変性タンパク質」と呼びますが、変性タンパク質同士は水に溶けていられなくなり、お互いに凝集し合い、タンパク質の巨大な凝集体をつくり出します（図14）。



図14 タンパク質の変性

いうと、まさしくタンパク質が熱により変性して、タンパク質の巨大な凝集体ができるからです。これは通常の細胞の中でも毎日起こり得ます。タンパク質は常温でも変性するからです。牛乳を常温で保存することはないと思います。が、常温にしておく菌で腐るだけではなく、タンパク質自体も劣化していきます。われわれの細胞の中のタンパク質も、常に三七度という体温の中である程度変性して、タンパク質凝集体をつくっていることが分かっています。

### †オートファジー

タンパク質凝集体をそのままにしておく、絡みついたゴミの塊のようなものが細胞中に増え、細胞の働きが妨げられて低下し、最終的には細胞が死んでしまいます。それは細胞にとって、活性酸素の発生と同じように織り込み済みです。細胞は、これを効果的に除去する機構を備えています。それが「オートファジー」と呼ばれる、タンパク質凝集体を分解するシステムです。タンパク質凝集体は細胞の中においても巨大な塊ですが、それを脂質の膜で囲い込んでしまいます。それが分解酵素がたくさん入っているリソソームという膜と融合し、中身を分解して、できたアミノ酸を再利用します(図15)。細胞にたまった巨大なゴミ

を、効率良く分解すること、オートファジーが細胞に備わっているため、この仕組みさえきちんとしていれば、細胞中に変性タンパク質の塊がたまって細胞が死ぬことはありません。

研究者が実際にそれを検証しました。オート

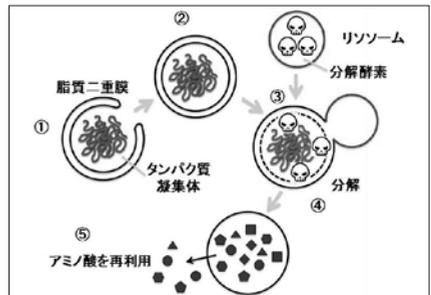


図15 タンパク質凝集体を分解するシステム、オートファジー

ファジーが行えないように遺伝子进行操作した実験マウスでは、細胞の中に凝集体の塊がたまり、体が震えたりします。正常マウスに凝集体が見えないのは、オートファジーが常に起こり、凝集体を除去しているからです。われわれの神経細胞も、オートファジーの働きにより守られているといっても過言ではないと思いますが、残念ながら年とともにSODの活性が下がるように、オートファジーの活性も下がってきます。従って、年を取るとどうしても細胞内に凝集体がたまりやすくなります。逆にオートファジーの活性を高めれば、凝集体を効率良く取り除けるのではないだろうかということなのです。

オートファジーは、TORC1が制御していることが分かっています。そのため、TORC1をラパマイシンで不活性化すると、カロリー摂取時の細胞の活動度が下がるだけでなく、オートファジーを促進することで、細胞の老化速度が下がることが考えられます。マウスの実験では、ラパマイシンを食事に含ませて、TORC1を阻害すると、凝集体が減少し、アルツハイマー病の進行が遅延しました。人間にどれぐらい使えばいいかという臨床実験にはまだ至っていませんが、マウスの段階では、神経細胞とオートファジーの関係で、寿命がコントロールできそうだといいところまでできています。つまり、ラパマイシンで細胞の浄化を促進することで、老化による細胞死を抑えることができそうだといいことです。

オートファジーは日本人が非常に活躍している分野です。私もオートファジーの研究を、三年ぐらい前から始めています。日本では、東大出身で今は東工大の特任教授をしておられる大隅良典先生が、Michael N. Hall先生と同じく、今年二〇一五年にガードナー賞を受賞されました。オートファジーの研究は現在とても注目されています。日本人が発見したオートファジーという性質を用いて、今、老化がここまで解明されてきました。

#### キノコからアンチエイジング物質

私も老化に関して研究していて、キノコから幾つかのアンチエイジング物質を発見しました。皆さんご存じのように、キノコは漢方にも使われています。われわれは、昔から薬理的な効果があるのではないかと考えているキノコを用いて、冬虫夏草のサナギタケからベアウベリオリドI (Beauveriolide I)、ナラタケからメレオリド (Melleotide) を発見しました。静岡大学が二〇一四年度まで行っていた全学的な取り組みの一つとして、キノコの中から有用な成分を単離するという研究を、農学部の河岸洋和先生と共同で行った中で見つけたものです。まだ新薬の開発にまでは至っていませんが、こういう取り組みが静岡大学でなされています。

#### 生物の寿命に意味はあるのか

##### 生物はDNAの家

最後に、生物の死に合目性はあるのだろうかということ、皆さんと一緒に考えたいと思います。その前に、そもそも「生物」とは何かという話をしなければいけません。この分野では有名な、名著といわれている『利己的な遺

伝子』を書いたりチャード・ドーキンスは、生命の本質はDNA（遺伝子）であると言っています。われわれは、生きていくことを助けてくれるものが遺伝子だと思っているかもしれませんが。高校では生命の設計図と教えるのですが、彼は、DNAこそが生物の本質であると提唱しています。生物個体はDNAの乗り物であり、その操縦者が遺伝子だということ。主従関係が逆転しているような、突拍子もない話のように聞こえるかもしれませんが。

昔は、細胞が先に存在し、DNAが後から存在したと考えられていましたが、今の学説ではそうではありません。まず遺伝子が単体で、細胞を持たずに海の中でコピーを増やしていったと考えられています。海の中にDNAがたまってくると、DNA同士で栄養の奪い合いが始まります。そのうちに、勝とうと思ひ細胞（家）を持つことで、効率良くコピーをつくるという方策を考え出したDNAが出現し、瞬く間に他を駆逐していき、細胞に包まれたDNAが非常に力を持つようになっていったとされています（図16）。このことから分かるように、DNAが先で、DNAを守るものが細胞です。そのうちに動物型の細胞や、われわれのような多細胞生物など、さまざまな生物が出現してきました。この流れを見ると、DNAが自分のためにつくり出したも

のが生物だということになります。

生物は、無意識のうちDNAに操られています。DNAが考えていることは、自分のコピーをいかに効率良く増やすかということです。例えば、DNAがおなかですいたときには、生物に「おなかです

いたなと思え」と命令します。また、DNAが自分のコピーを後代に残すためには、異性と結ばなければいけません。そうすると、思春期になると異性を好きになるように、DNAが命令します。うまく異性と結婚できたら、そろそろ子どもが欲しいなと思わせ、子どもが生まれると「うちの子かわいい」と親ばかにさせ、子どもの笑顔に励まされて、毎日を頑張るようなお父さんやお母さんになります。また孫が生まれると、やはり「うちの孫はかわいい」と思わせる。人間は全部自分が考えているかと思っているかもしれませんが

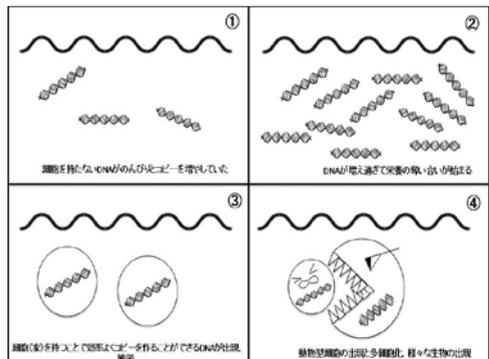


図16 生物はDNAの家

が、実際にはDNAが操っていて、無意識のうちにそのように思わせて、子孫にDNAが引き渡されていくのです。

人が「そろそろ子どもが欲しいな」と思っているときのDNAは、車が古くなってきたので、そろそろ新しい車に乗り換えたいと思っています。DNAが新車に乗り換えた状態が、赤ちゃんが生まれた状態です。親が「赤ちゃんはかわいいな」と思っているときは、DNAはうまく新車に乗り換えられたと思っています。赤ちゃんは新車で、それに乗ったわくわく感があるのです。非情なことを言うとう、生物個体というのは、次の世代が成長すれば用済みであり、むしろ長く生きてもらおうと邪魔だと思っている節がDNAにはあり、われわれが車や冷蔵庫を買い換えた後、古い物を部屋に置きっ放しにしないように、同じことをDNAも考えているような節があります。新しい生物個体に乗り換えられれば、古い生物個体の生死に関して、DNAはあまり関心を払っていないようで、特にそれが顕著に示されるのはサケです。まさしくDNAに操られていると思えない情熱で川を上り、卵を産むやいなや死んでしまいます。

#### 十 おばあちゃん仮説

しかし、人間はそこまで極端ではありません。子育てが

必要な動物は、子どもが独り立ちできるまで親は死ねません。哺乳類は子どもの面倒をしっかりと見るため、他の生物に比べて比較的長生きです。それにしてもヒトが例外的に長生きなのはなぜかということで、今、研究者から出されているのが「おばあちゃん仮説」と呼ばれているものです。ヒトが例外的に長生きなのは、子どもが育つのに時間がかかる上に、さらに孫の面倒まで見る生物だからです。

研究結果が「Science」に載りました。世界中で調べた結果、祖父母が生きている孫と、祖父母がいない孫との生存率を比較すると、祖父母が生きている孫の生存率が高く、このことから、祖父母が孫の生存に、非常に重要な貢献をしていることが見えてきました。人間の赤ちゃんは、例外的に育てるのに手の掛かる生き物です。お父さんとお母さんが子どもの面倒にかまけていると、お父さんは狩りに行けません。家にいる祖父母が代わりに面倒を見ることで、三代が有機的にうまく機能して、人間社会が成り立ってきたと考えられます。

今は核家族で、祖父母と父母は離れて暮らしていることが多いですが、恐らく数十年前は、大きな家族として暮らしていたと思います。祖父母が孫育てに関与していたので、祖父母が長生きしている家系の方が、孫が育ちやすかつ

たということですが。そのためにヒトの寿命は徐々に延びていきました。祖父母が長生きなのは、子どもに手がすぐく掛かるからで、未熟に生まれてくる人間の子どもが祖父母を長生きさせていると思うと、非常に不思議な因果関係だと思えます。

### 十 赤の女王仮説

そもそも、生物はなぜ世代交代するのか、もう一度立ち止まって考えてもいいのかもしれませんが。例えば、自分が長生きすれば子どもを残す必要はない、と思う人がいるかもしれませんが。永遠に生き続ける生物が、地球上に存在しない理由としていわれているのは、「赤の女王仮説」です。「赤の女王」は『鏡の国のアリス』の登場人物で、彼女が作中で発した、「その場にとどまるためには、全力で走り続けなければならぬ」というせりふから、種・個体・遺伝子が生き残るためには進化し続けなければならないことの比喩として用いられます。

生物は、一つの種だけで生存しているわけではありません。他の生物種との戦いの中で、生き残っていかなければいけません。刻々と進化する病原菌や捕食者、競争者に対抗するためには、自分も進化する必要があります。進化す

るためには、子孫を残さなければいけません。なぜなら、自分が進化したいと思っても、自分が持つて生まれた遺伝子を変更できず、進化できないからです。急に羽が生えてきたりはしません。自分の遺伝子を効率良く残すには、子孫に託して進化してもらうしかありません。特にウイルスの進化は非常に速く、次から次へと新たなタイプのウイルスが出現するので、われわれはじっとしているわけにはいきません。いつまでも二十〜三十年前のコンピューターを使っているわけにはいけません。新型モデルにどんどん替えていく必要があります。今から十年前の携帯電話をイメージしてください。今使われている携帯電話の性能が、非常に良くなっていることが分かります。生物も、他の生物との競争で進化してきた側面があつて、やはりどうしても進化せざるを得ないのです。

そうは言っても、生物個体は不滅でもよいのではないのでしょうか。新しいタイプが生まれる必然性はあるかもしれませんが、古いタイプはなぜ消えていかなければいけないのでしょうか。それは、せっかく進化した子孫が生まれても、旧タイプの個体が居残っていると、世代間で生存競争が起こり、新世代が生き残りにくくなるからです。せっかく新車に乗り込んだDNAは、その事態を避けなければなりません。

せん。古い車がいつまでも廃車にならず、新しい車がどんどん増えていけば、道はすべて車で埋め尽くされてしまします。古い車が駐車場に止まっていれば、新しい車を止めることすらできません。人間が願っているのではなく、DNAのたくらみとして、子ども世代、孫世代にDNAを確実に受け渡していくために、旧世代はいずれ舞台から降りることが宿命付けられているのです。

最後は悲しいメッセージになってしまいましたが、健康で長く生きられるヒントを、皆さんが少しでも得られたのなら幸いです。

## 質疑応答

質問——生命の本質はDNAということで、意識もDNAの命令で決まっているのですか。

丑丸——意識というのは難しいのですが、本能と呼ばれているようなものが命令で決まっています。複雑なことができない下等な生物でも、おなかがすけばご飯を食べます。本来的に生物に備わっている意識は、DNAがコントロールしています。具体的な例では、子煩悩という言葉がありますが、子どもがかわいいという意識は、ある遺伝子によ

り生み出されているという実験結果があります。その遺伝子を欠損させた母ネズミは、子どもの面倒を見なくなってしまう。子どもがかわいいと思う気持ちすらも、DNAが知らないうちにわれわれを巧みに操っていることの結果と考えてもいいと思います。

さらに、例えば戦争をどうやってやめさせればよいのかとか、複雑な数式を解くとか、その他の様々な活動など、本能以外のところも遺伝子がすべて規定しているのかというところ、ある程度能力を与えてくれるところは遺伝子が規定しています。既に学習能力遺伝子が見つかっています。日常的に経験しているかもしれませんが、おじいさん、お父さん、子どもと、三代とも東大だと、あの家系は頭がいいということになります。人間は他の生物と違い、ある遺伝子があるから今の知能があると考えられていて、知能の全体像はまだよく分かっていませんが、恐らくベースになるものは、全部遺伝子が支えてくれていると考えてくださる方がいいと思います。

授業中に、男子学生に「あなたは男の子と女の子のどちらが好きですか。答えにくければ答えなくていいよ」と質問することがあるのですが、男の子なら大体は「女の子」と言います。女の子を好きになるようにお母さんに言われ

たのかというと、そうではありません。普通は生まれつき異性を好きになるようになっていきます。男性脳と女性脳があり、やはり脳の構造が違うのです。ホルモンの関係で、脳が形成される胎児のときに男性の脳になるか、女性の脳になるかが決まります。それも遺伝子から来ます。それがうまく働かないと、恋愛の対象として同性を選んだり、自分を男あるいは女として認識できなくなったりします。それは脳の問題です。われわれは、その人の環境や生い立ちの問題ではないかと考えがちですが、ホルモンや遺伝子などで、徐々に説明が付けられるようになってきています。

**質問**——生得的なものは、原則的にDNAと考えた方がいいのですか。

**丑丸**——生得的なものほぼDNAです。

**質問**——一般的にカロリー制限というと、食事のカロリーにつながりますが、どのぐらいまでならカロリー制限をしてもよいのでしょうか。

**丑丸**——サルの場合は腹七分目といわれていますが、総カロリーで考えてしまうと駄目で、人間は脂質、糖分、タンパク質、すべてバランス良く食べなければいけません。どうすれば実践しやすいかというと、食卓に並んでいるすべての料理の量を、同じように七割にすればいいのです。こ

飯だけ抜いてしまうのは良くないので、食器を小さくして、子ども用のお茶碗で食べれば、自然と七割になります。盛りつけを七割にしていけばいいと思います。

**質問**——アンチエイジングにおけるうそについて、コラーゲンやヒアルロン酸は、口から入れても効果がない、皮膚に貼り付けても効果がないということですが、酵素はどうなのでしょう。

**丑丸**——厳密には、酵素はタンパク質でできているのですが、タンパク質は口から取り入れても、肌塗っても効果がありません。ビタミンCやビタミンEが口から取り入れられるのは、タンパク質や酵素ではなく、胃袋の中でも変化せず、腸で吸収されて血流に乗り細胞に届けられる小さな化合物だからです。タンパク質はもう少し巨大なもので、胃袋の中で必ず分解されてしまいます。