

# 老いない動物

## — ハダカデバネズミと、老化の真実

科学者たちが3,000匹の動物を35年間追跡し、老化・長寿・健康寿命の研究を塗り替える驚くべき結果を発見した。

TA Medical 研究チーム ・ 5分で読めます ・ 長寿科学



あらゆる生き物は老いる。あらゆる細胞は損傷を蓄積する。あらゆる体は、時間をかけて、やがて機能を失っていく。これは生物学において最も信頼できる法則のひとつとされてきた——あまりにも一貫していて、あまりにも普遍的であるため、科学者たちはその数式まで持っている。それはゴンペルツの法則と呼ばれ、私たちが年を重ねるにつれて、死亡リスクがおよそ8年ごとに倍増すると述べている。人間において。ネズミにおいて。馬において。これまで研究されたほぼすべての哺乳類において。ただし、一種を除いて。

## 01 生物学が説明できない動物

ハダカデバネズミは、見た目に恵まれた生き物ではない。ネズミほどの大きさで、しわだらけ、ほぼ毛がなく、ほとんど目が見えない。サハラ以南アフリカの半乾燥地帯に、密集したコロニーを形成して地下生活を送る。一見したところ、世界で最も注目すべき長寿研究の対象になるような、際立った生存上の優位性は何ひとつない。

それでも。カリコ・ライフ・サイエンシズの研究チームが科学誌『eLife』に発表した研究は、35年間にわたって収集された3,000匹以上のハダカデバネズミの寿命記録を分析した。その結果は、老化研究の世界を静止させるものだった。

ハダカデバネズミの死亡リスクは、年齢とともに上昇しない。まったく。1歳のハダカデバネズミと20歳のハダカデバネズミは、毎日の死亡確率がほぼ同じだ。リスクは倍増しない。上昇もしない。何十年ものあいだ——平坦なままだ。

30年+	3,000匹	0	25倍
確認された寿命——体のサイズから予測される年数の5倍以上	カリコ・ライフ・サイエンシズの研究で35年間追跡された個体数	年齢による死亡リスクの増加——ゴンペルツの法則を完全に覆す	繁殖成熟期を超えてもなお、統計的に検出可能な人口学的老化は観察されなかった

## 02 なぜ、これほど驚くべきことなのか

ほとんどの哺乳類において——人間も含めて——死亡リスクは予測可能な曲線を描く。若い成体の頃は低く始まり、一定の間隔で倍増しながら、着実に上昇していく。これがゴンペルツの法則だ。1825年に初めて記述され、それ以来研究されたほぼすべての種で確認されている。

この公式は、私たちが直感的に感じていることを反映している——年を重ねるほど、体の生物学的システムは摩耗していく。損傷は蓄積される。修復は遅くなる。リスクは上昇する。ハダカデバネズミが、私たちが「通常」と考えるものとどう違うかを見てみよう。

種	年齢とともに死亡リスクに何が起きるか	パターン
人間	若い成体期以降、およそ7~8年ごとにリスクが倍増する	指数関数的上昇
ネズミ	生後約550日頃から急激かつ指数関数的に上昇する	急勾配のゴンペルツ曲線
馬	成熟後、ゴンペルツの法則に沿って着実に上昇する	緩やかな指数関数的上昇
ハダカデバネズミ	成熟後も20年以上にわたってリスクがほぼ一定のまま推移する	平坦——ゴンペルツ的の老化は検出されず

研究者たちはハダカデバネズミを「非老化哺乳類」と正式に分類している——大規模な集団データセットの統計的に厳密な分析にもとづいてこの指定を受けた、唯一の哺乳類だ。これまで研究された他のいかなる哺乳類も、このパターンを示していない。

## 03 どうやって、そんなことが可能なのか

ハダカデバネズミも、時間とともに細胞の損傷を蓄積する——年月の経過に免疫があるわけではない。何が違うかといえば、その損傷に対して何をするか、だ。いくつかの注目すべき生物学的特性が特定されている。

- **卓越した DNA 修復能力。** 遺伝的損傷を検出し修正する高効率のシステムが、通常の老化を引き起こすエラーの連鎖を防いでいる。
- **持続するタンパク質の安定性。** タンパク質の品質管理——損傷したタンパク質の折り畳み、修復、除去——は、生涯を通じてほぼ若年期と同じ水準に保たれている。
- **保たれたミトコンドリア機能。** 細胞内でエネルギーを生み出す構造体は、老齢になっても機能的かつ効率的であり続ける——これは老化する哺乳類では通常、著しく低下する特性だ。
- **極めて低いがん発生率。** 長寿であるにもかかわらず、がんは極めてまれだ——これは、異常に堅牢な細胞維持システムと関連している。
- **生殖機能の老化がない。** 繁殖するメスは 30 歳を過ぎても繁殖能力を維持し、閉経に相当するものを示さない——いかなる哺乳類においても、この年齢ではほぼ前例がない。
- **維持される神経新生。** 新しい脳細胞の形成が少なくとも 20 年間は継続する——老化する哺乳類では通常、劇的に遅くなるプロセスだ。

こうした動物が長く健康でいられる理由は、もう一つあるかもしれません。多くの生き物では、古くなったり傷ついた細胞が時間とともに少しずつ蓄積し、組織の働きを妨げていきます。

しかしハダカデバネズミでは、こうした“使い古された細胞”が早い段階で取り除かれている可能性が、研究から示されています。まるで日常的なメンテナンスのように、問題が大きくなる前に処理されているのです。

日本の熊本大学の研究でも、これらの動物は老化した細胞を自然に除去している可能性があることが報告されています。ダメージを溜め込むのではなく、体がそれを取り除くことで、組織の働きをより長くスムーズに保っていると考えられます。



### 核心となる洞察

ハダカデバネズミは、あらゆる損傷を免れているわけではない。損傷の影響を遅らせる修復・保護システムを維持し続けているのだ——生物学的な機能を、既知のいかなる哺乳類よりもはるかに長いあいだ、ほぼ若年期と同じ水準に保ちながら。

## 04 私たちにとって、何を意味するのか

ハダカデバネズミは、人間の不死への設計図を提供してくれるわけではない。しかしその存在は、重要なことを示している——ゴンペルツ曲線は、生物学的に避けられないものではないということだ。それは自然の固定法則ではない。それはひとつのパターンだ——適切な生物学的条件のもとでは、破ることのできるパターン。

生物学の歴史のほとんどにおいて、年齢とともに死亡リスクが段階的に上昇することは、所与のものとして扱われてきた——重力のように。遅らせることはできるかもしれない。しかし、根本的に変えることはできない、と。ハダカデバネズミは、それが違うと言っている。

「年齢とともに死亡リスクが上昇しないというこの事実は、ゴンペルツの法則に反するものであり、ハダカデバネズミを非老化哺乳類として独自に位置づけ、生物老年学における卓越したモデルとしての地位を確立するものである。」

— *Ruby, Smith & Buffenstein, eLife (2018年)* . カリコ・ライフ・サイエンスLLC.

NAD<sup>+</sup>と細胞老化の生物学を研究する研究者にとって、この関連性は直接的だ。ハダカデバネズミがこれほど効果的に維持している生物学的システム——DNA修復、ミトコンドリア機能、タンパク質の安定性、細胞エネルギー——は、人間を含むすべての哺乳類においてNAD<sup>+</sup>が支えているシステムと同じものだ。NAD<sup>+</sup>の量は、20代から50代にかけておよそ半分に低下する。低下するにつれて、それらが動かす修復・維持システムは次第に効果を失っていく——これが、私たちが経験する老化を推進する中心的なメカニズムのひとつだ。

ハダカデバネズミが提起する問いは、単に「老化を遅らせることができるか」ではない。老化を遠ざける修復システムを本当の意味で維持するとは、どのようなものかという問いだ。これは、世界の老化科学が向かいつつある方向性でもある——ハーバードから東京へ、オスロへと。

## 05 これは、私たちの生き方に 何を教えてくれるか

私たちの誰もが、ハダカデバネズミのように生きられない。しかし、生物学的年齢を決定するシステムは、単に刻まれていく時計ではない。それらは能動的な維持ネットワークだ——そして、私たちの生き方に応答する。ハダカデバネズミがこれほど効果的に維持している修復メカニズムと同じシステムを、研究は私たちも支えられると示している。

- **NAD<sup>+</sup>レベルのサポート。** NAD<sup>+</sup>は、DNA 修復、ミトコンドリア機能、そして保護的なサーチュインタンパク質の活性化の中心にある——まさにハダカデバネズミが維持に優れているシステムだ。そのレベルは20代から50代にかけておおよそ半分に低下し、世界中の研究者がこの低下にどう対処するかを積極的に研究している。
- **定期的な体の動き。** 運動は筋肉内の NAD<sup>+</sup>を高め、ミトコンドリアの更新を促し、同じ細胞修復経路の多くを活性化する。たった一度の有酸素運動でも、免疫細胞における NAD<sup>+</sup>代謝を測定可能なほど高める。
- **質の高い睡眠。** 夜間は、体が細胞の維持作業の多くを行う時間だ——DNA 修復の効率と、NAD<sup>+</sup>に依存した回復システムに直接影響する。
- **細胞システムを支える食事。** ホールフード、植物性食品の多様性、そして慢性的な代謝ストレスの軽減は、いずれも長く健康的な生命と関連する維持ネットワークを支える。

ハダカデバネズミは、何か革新的なことをすることで寿命を延ばしているわけではない。すべての哺乳類が依存している同じ生物学的システムを——途方もなく長いあいだ——維持し続けることで、寿命を延ばしているのだ。人間にとっての研究上の問いはこうだ。その維持をどれだけ支えることができるか、そしてどれだけ長く続けられるか。

## 06 老化についての、新しい考え方

ハダカデバネズミの存在には、静かに驚くべき何かがある。それはただ、自分の生を営んでいる——コロニーを維持し、DNAを修復し、細胞を整えながら——私たちがずっと避けられないと考えてきた段階的な衰退を、まったく伴わずに。

科学者にとって、それは概念実証を示すものだ——老化の背後にある生物学的プロセスは、固定されていない。それ以外の私たちにとっては、何が可能かについて違う角度から考えることへの招待状だ——どれだけ長く生きられるかだけでなく、どれだけよく生きられるかという意味において。

長寿研究の目標は、全員を150歳まで生かすことではない。私たちが有能で、活力があり、回復力があり、現在にいると感じられる年月を延ばすことだ——研究者たちが健康寿命と呼ぶものを。ハダカデバネズミは、ありそうもない存在でありながら、それをより多く可能にする生物学への道を示している。

研究は続いている。すべての答えはまだ出ていない。しかし問い——ゴンペルツ曲線は運命なのか、それとも単なる初期設定にすぎないのか——は今、初めて、本当の意味で開かれた。

### 主要研究資料

Ruby J.G., Smith M., Buffenstein R. (2018年). 「Naked mole-rat mortality rates defy Gompertzian laws by not increasing with age.」 *eLife*, 7:e31157. DOI: 10.7554/eLife.31157. カリコ・ライフ・サイエンスLLC、サウスサンフランシスコ。

Kawamura Y., Oka K., Semba T., et al. (2023)

“Cellular senescence induction leads to progressive cell death via the INK4a-RB pathway in naked mole-rats.” DOI: <https://doi.org/10.15252/emj.2022111133>

本記事は教育および情報提供のみを目的としています。掲載された査読済み研究を反映したものであり、医療上のアドバイスを意図するものではありません。個人の健康に関するご判断は、医療専門家にご相談ください。