

# 生物はなぜ老い、そして死ぬのか

東京大学定量生命科学研究所・教授

小林 武彦

# 自己紹介—小林武彦—

静岡県三島市在住

## <経歴>

神奈川県横浜市生まれ

九州大学大学院修了（理学博士、分子生物学）

米国 ロッシュ分子生物学研究所（製薬会社）・博士研究員

米国 国立衛生研究所・博士研究員

愛知県岡崎市 基礎生物学研究所・助教授（准教授）

静岡県三島市 国立遺伝学研究所（東京工業大学生体システム研究科兼任）・教授

東京大学定量生命科学研究所（理学系研究科生物科学専攻兼任）・教授

今朝の富士山

## <社会活動>

生物科学学会連合 前代表（2019~2022）

日本遺伝学会 前会長（2017~2020）

日本学術会議会員（25期、2020~）

「我が国の学術の発展・研究力強化に関する  
検討委員会」など

軽井沢土曜懇話会0708 2023



# 生物はなぜ死ぬのか

小林武彦

NHK 「おはよう日本」  
日テレ 「世界一受けたい授業」  
で紹介、大反響!

「これまでの死生観を  
変える一冊」

18万部  
突破!

2022  
新書大賞  
supported by  
Chokoron-shinshu  
第2位



生物学から見えてきた  
私たちが  
死ななければならない  
「重要な意味」とは?

講談社現代新書

「生物はなぜ死ぬのか」 講談社現代新書

軽井沢土曜懇話会0708 2023

# 本日の話題

- 1、生物はなぜ老化し、死ぬのか
- 2、人の老いとは何か
- 3、死なないAIを生み出してしまったヒトの未来
- 4、老年的超越を目指して

死の起源を尋ねて



38億年前の地球に  
タイムトラベル



## 生命の誕生 38億年前

熱水噴出口の周りで起こった化学反応で

RNA、アミノ酸などの有機物（生物の材料）が合成された

## 進化のプログラムが開始

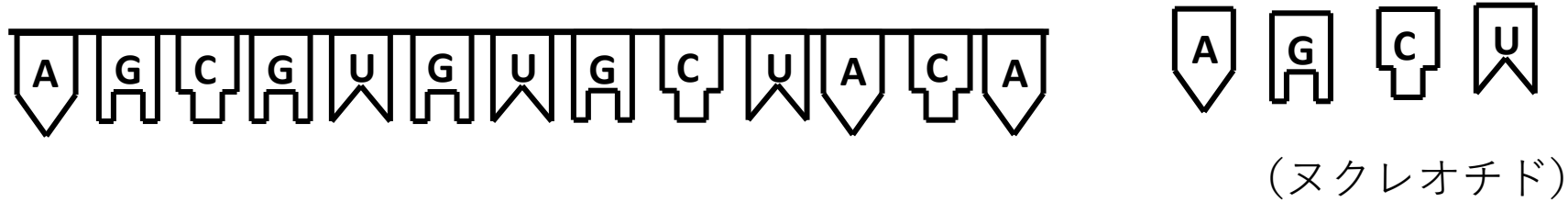
進化とは「変化と選択」が繰り返し起こり、姿や性質が変化すること

変化：親とは違う多様な個体ができること 「変異」

選択：多様な個体のうち、たまたま生き残ることができること 「適応」

# 生命の種「RNA」の誕生

4種類のブロックがつながった長いひも状の分子—いろいろな形、性質がある

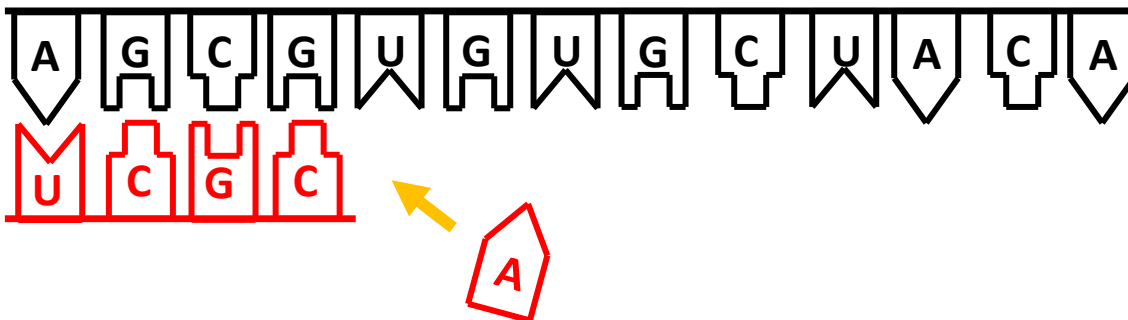


\* 自身で形（配列、長さ、構造）を変えることがで**自己編集能**

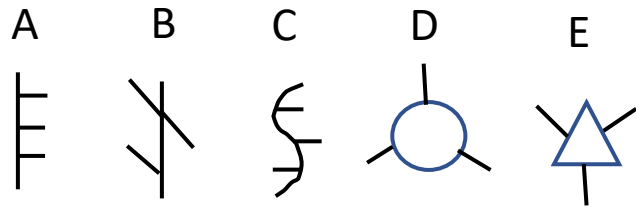
変化しやすい、壊れやすい



\* 自分のコピーを作れる**自己複製能**



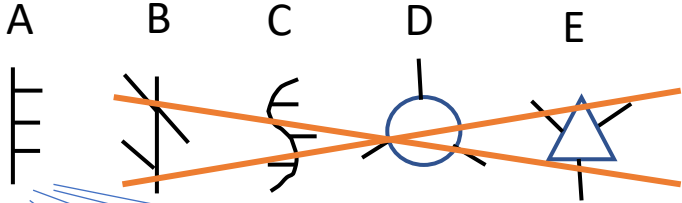
# 進化のプログラム



偶然できたいろいろなRNA

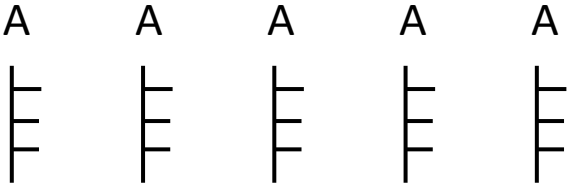


# 進化のプログラム



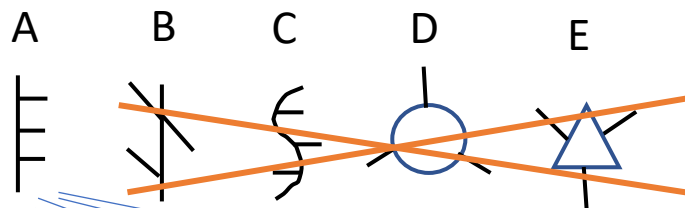
偶然できたいろいろなRNA

複製能力の高いのが増えて、他は分解されて材料となる



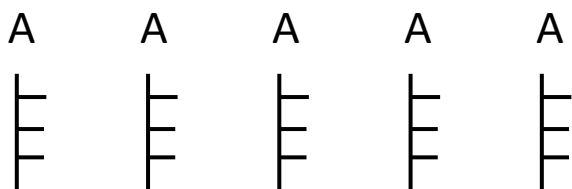
「選択」 → 分解 = 死

# 進化のプログラム

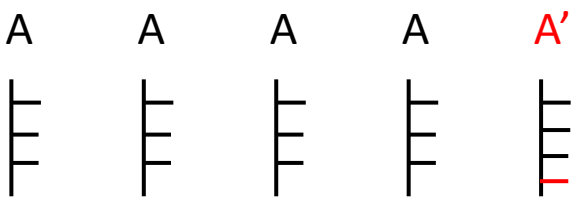


偶然できたいろいろなRNA

複製能力の高いのが増えて、他は**分解**されて材料となる

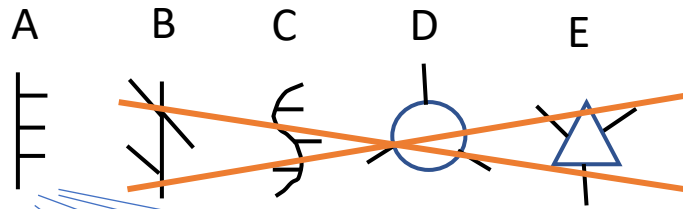


「選択」 → 分解 = 死



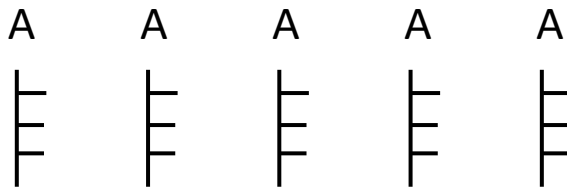
「変化」が起こり複製能力の高いのが偶然登場

# 進化のプログラム

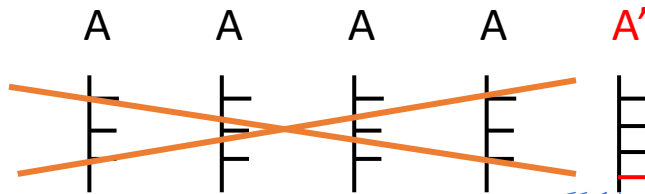


偶然できたいろいろなRNA

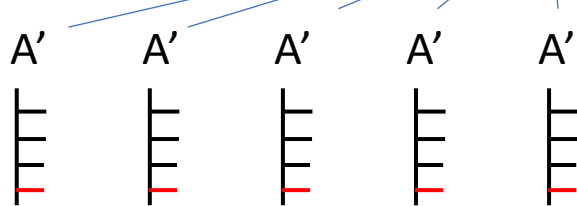
複製能力の高いのが増えて、他は**分解**されて材料となる



「選択」 → 分解 = 死



「変化」が起こり複製能力の高いのが偶然登場

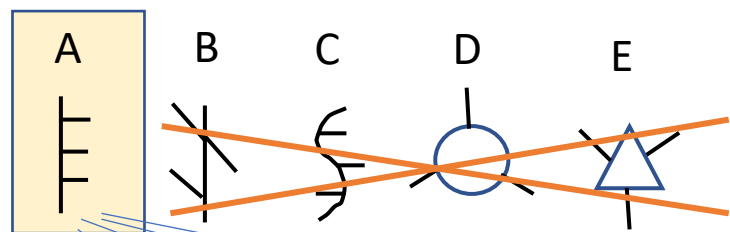


複製能力の高いのが増えて、他は**分解**されて材料となる

「選択」 → 分解 = 死

変化と**選択**を繰り返すことで効率よく増える「**生命の種**」が出来上がった

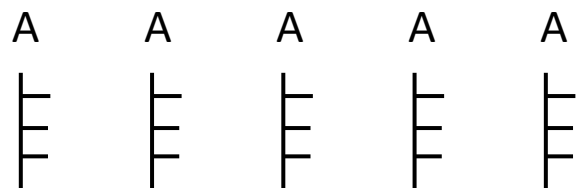
# 進化のプログラム



偶然できたいろいろなRNA

複製能力の高いのが増えて、他は分解されて材料となる

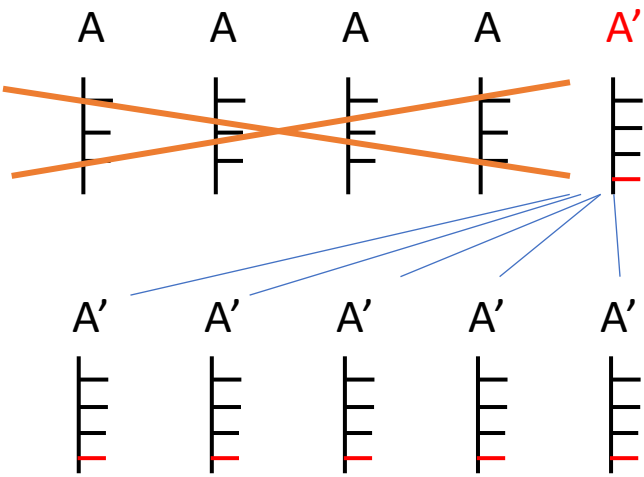
「選択」 → 分解 = 死



「変化」が起こり複製能力の高いのが偶然登場

複製能力の高いのが増えて、他は分解されて材料となる

「選択」 → 分解 = 死



変化と選択を繰り返すことで効率よく増える「生命の種」が出来上がった

「生命の種」=私たちの祖先 (ゲノム)

少しまとめると、

生き物の起源は”もの”（RNA/DNA）であり、  
そこに書かれているデジタル情報（ゲノム）であった！

ゲノムは壊され、作り変えられ、選択され進化した  
「進化のプログラム」

少しまとめると、

生き物の起源は”もの”（RNA/DNA）であり、  
そこに書かれているデジタル情報（ゲノム）であった！

ゲノムは壊され、作り変えられ、選択され進化した  
「進化のプログラム」

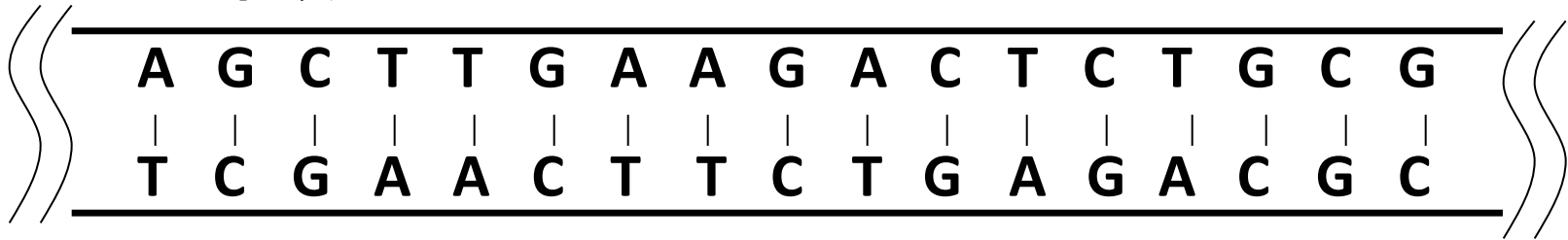
現在でもこのプログラムは続いている

遺伝子：親から子へ受け継がれる情報

ゲノム：その全情報（=生物の設計図）

物質としてはDNA（デオキシリボ核酸）

## 2本鎖DNA



mRNAに転写



リボソームでタンパク質に翻訳  
体を作る材料

ヒトゲノムプロジェクト

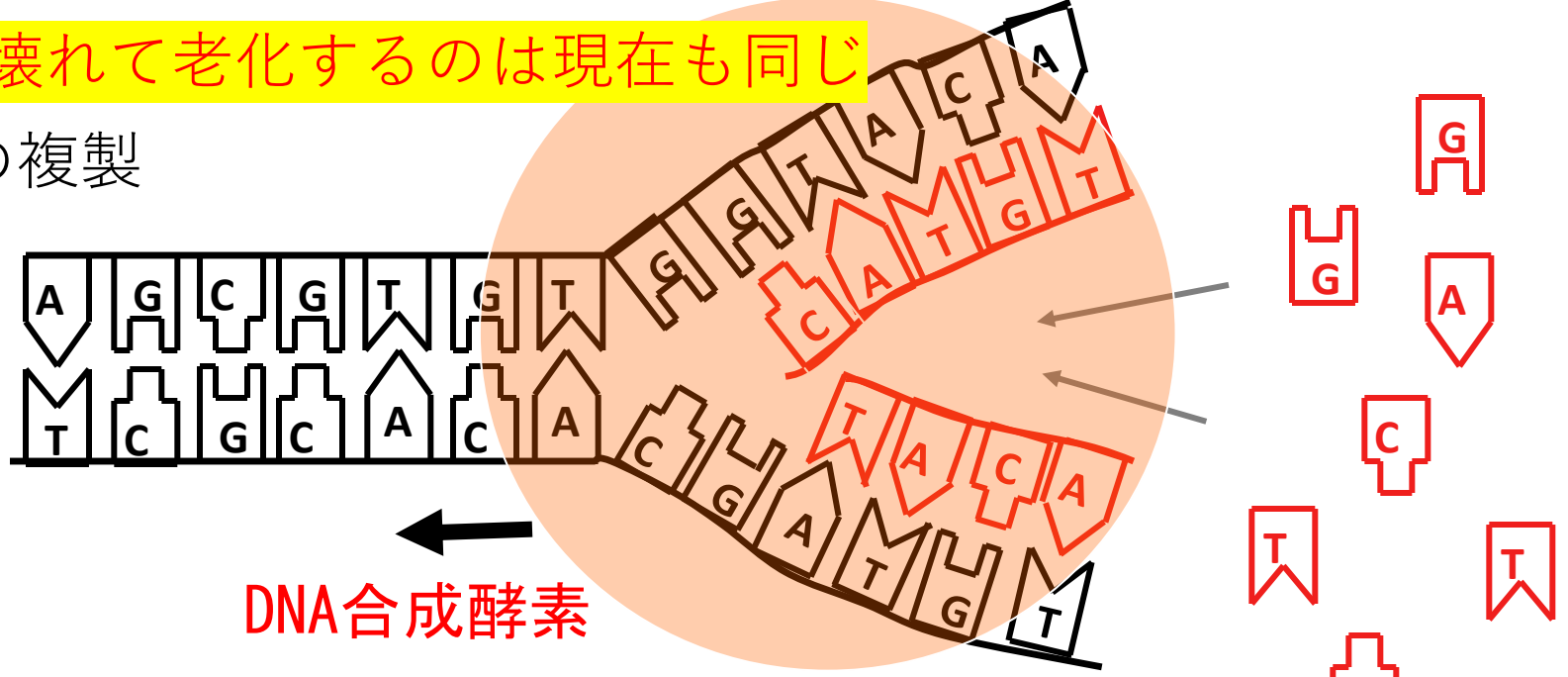
2004年に完了

約30億塩基対

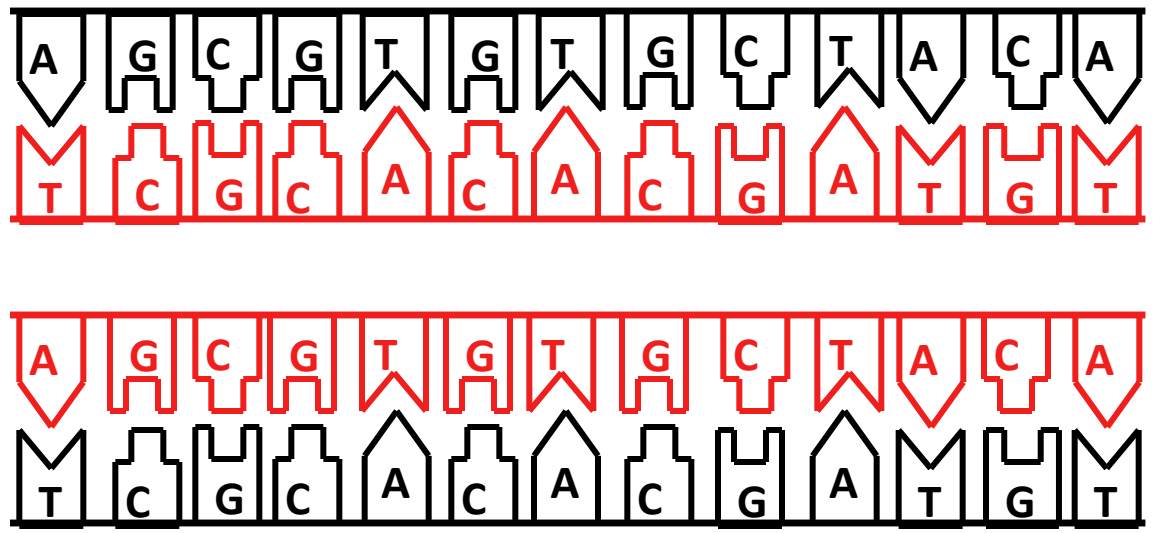
約2万個のタンパク質を  
コードする遺伝子

ゲノムが壊れて老化するのは現在も同じ

DNAの複製



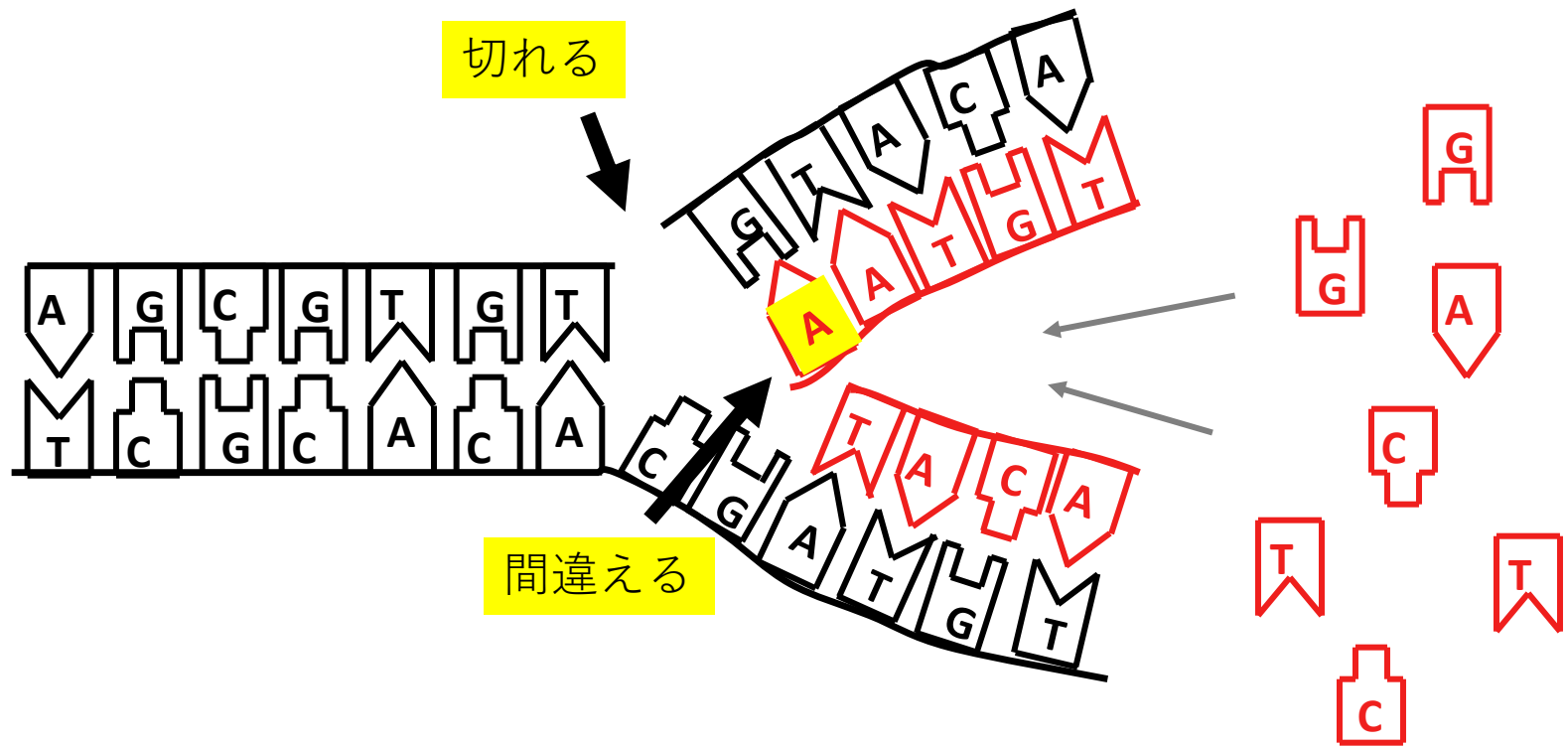
相補的 2 本鎖DNAを開いて、それぞれをコピーする



同一の  
2つのコピー



# ゲノムが壊れて老化するのは現在も同じ



DNAがこんがらがったり切れたり間違えたりすることもある

DNA修復酵素によりほとんど直される

しかし徐々に直し損ないが蓄積して老化が引き起こされる

ゲノムが壊れやすい病気







## ヒト早期老化症 (ウェルナー症候群など)

老化速度が早くなる潜性（劣性）遺伝病。  
思春期を過ぎてから急速に老化症状が現れる。  
平均死亡年齢～50才。

ゲノムの修復に関わる遺伝子の働きが  
弱くなり寿命が短縮

# 早期老化症の原因遺伝子はゲノムの修復遺伝子

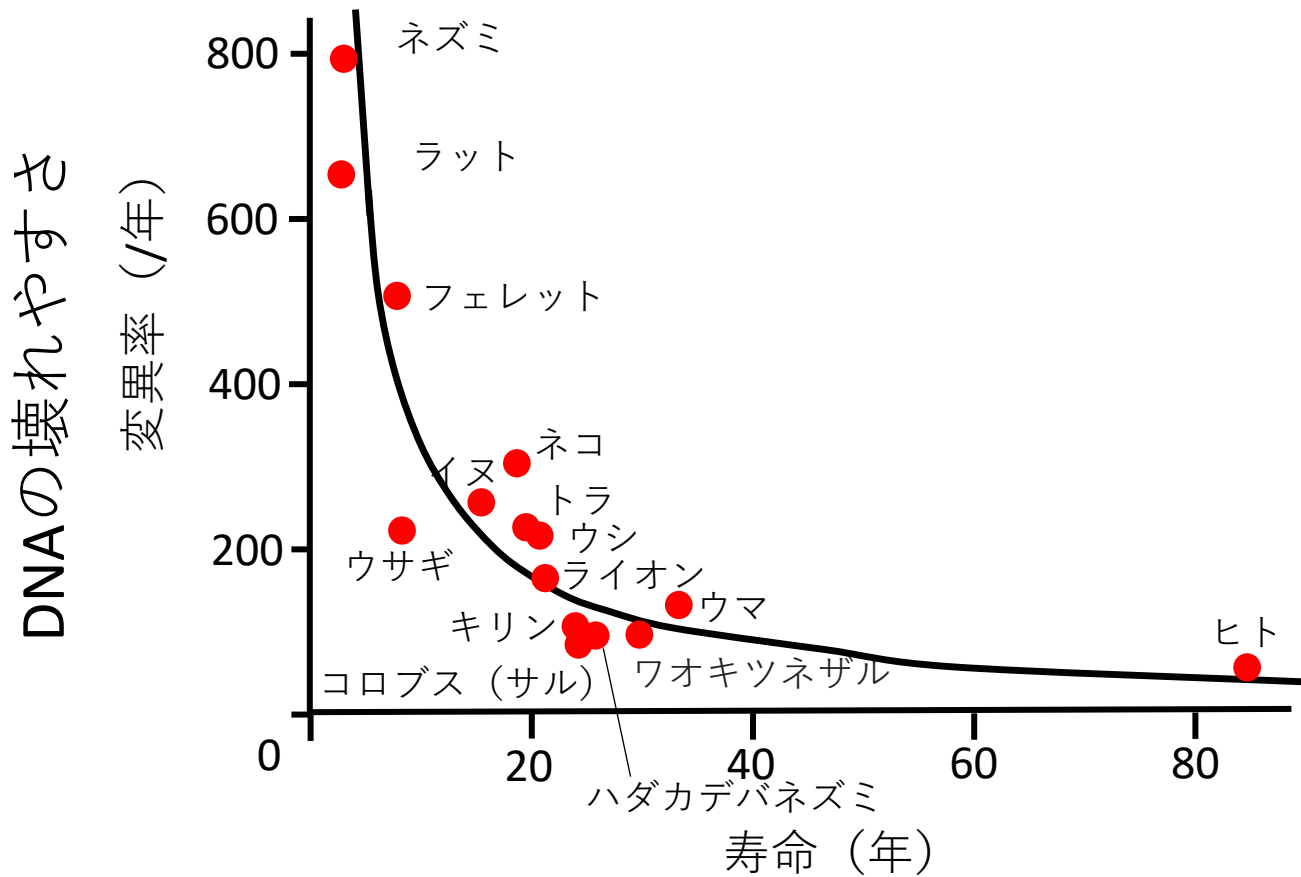
表1：早老症の疾患名と原因遺伝子

早老症に分類される疾患名	原因遺伝子
 ウェルナー症候群	WRNヘリカーゼ※1
 ハッチンソン・ギルフォード・プロジェリア症候群	ラミンA遺伝子
 コケイン症候群	CSA遺伝子
 ブルーム症候群	BLMヘリカーゼ
 色素性乾皮症	XP遺伝子
 ダウン症候群	21番染色体トリソミー※2

長寿科学振興財団HPより

さらに

DNAが壊れやすい生き物は寿命が短い



Nature 2022, , 517-より改変

## 小括 1

1、生物はなぜ老い、そして死ぬのか？

ゲノム（遺伝情報、DNA）が壊れるのが一因

そしてなぜゲノムが壊れるのかというと

進化の結果できた生物は、  
最初から（老化して）死ぬようにできている

老化や死があるものだけが  
進化できて現存している

そしてなぜゲノムが壊れるのかというと

進化の結果できた生物は、  
最初から（老化して）死ぬようにできている

老化や死があるものだけが  
進化できて現存している

これが生物が老いそして死が存在する理由

そしてなぜゲノムが壊れるのかというと

進化の結果できた生物は、  
最初から（老化して）死ぬようにできている

老化や死があるものだけが  
進化できて現存している

これが生物が老いそして死が存在する理由



「生物はなぜ死ぬのか」講談社現代新書



残念なことに

生き物は最初から（老化して）死ぬようにできている

とはいえ、頑張れば結構長生きできます。

## 2、ヒトの老いとは何か

# 世界第2位の長寿者

たなか かね

田中力子さん（119才107日）

2022年4月19日に永眠されました

ご冥福をお祈り致します

ご存命の日本最長寿者 世界2位、歴代29位

たつみ

巽 フサさん 116才56日(2023.6.23現在)

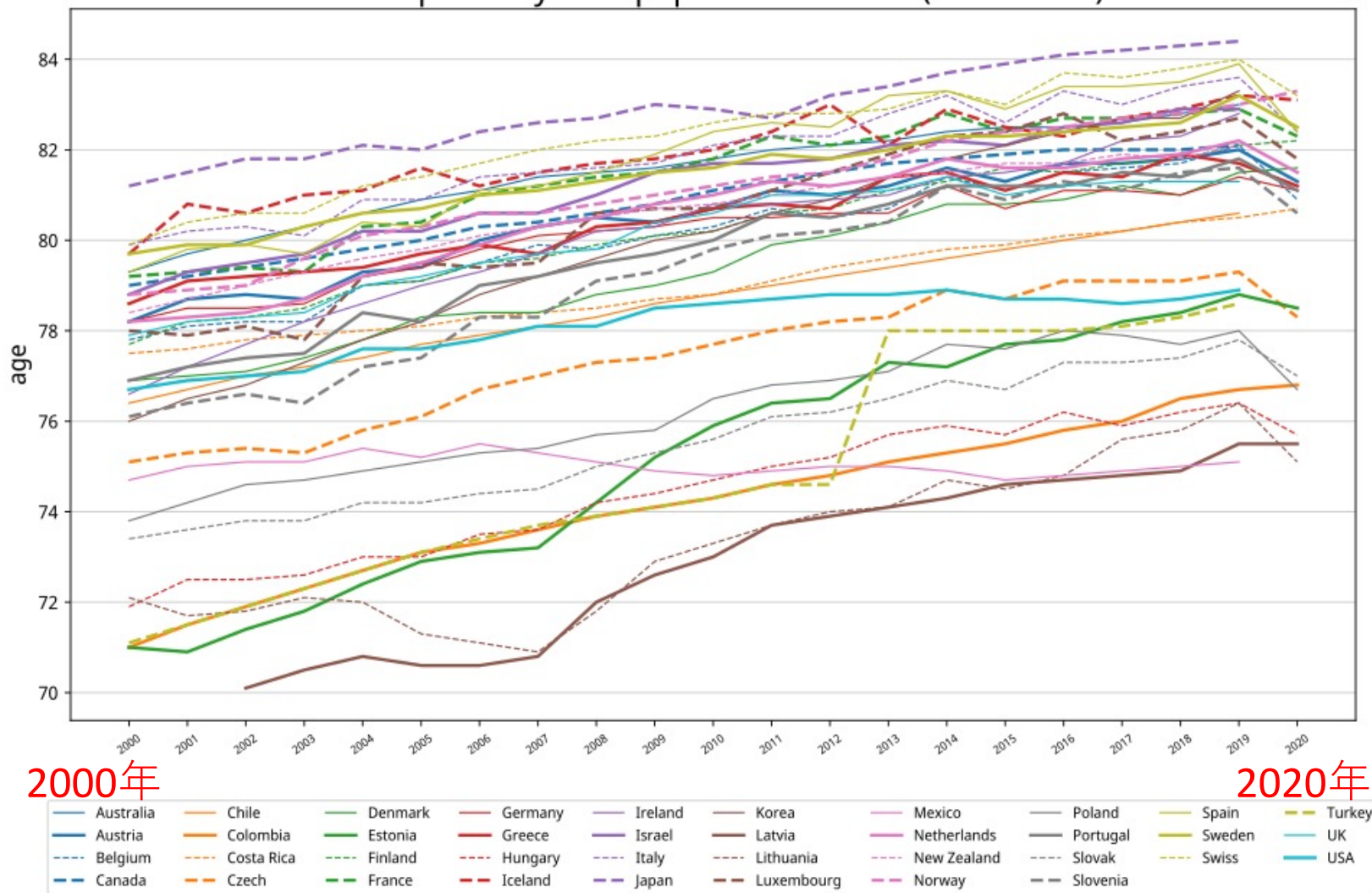
1907年（明治40年）生

日本は世界1位の長寿国

ご存命のトップ10名中、4名は日本人

100歳以上は日本のみで約9万人（9割は女性）

# Life expectancy total population at birth (OECD stats)



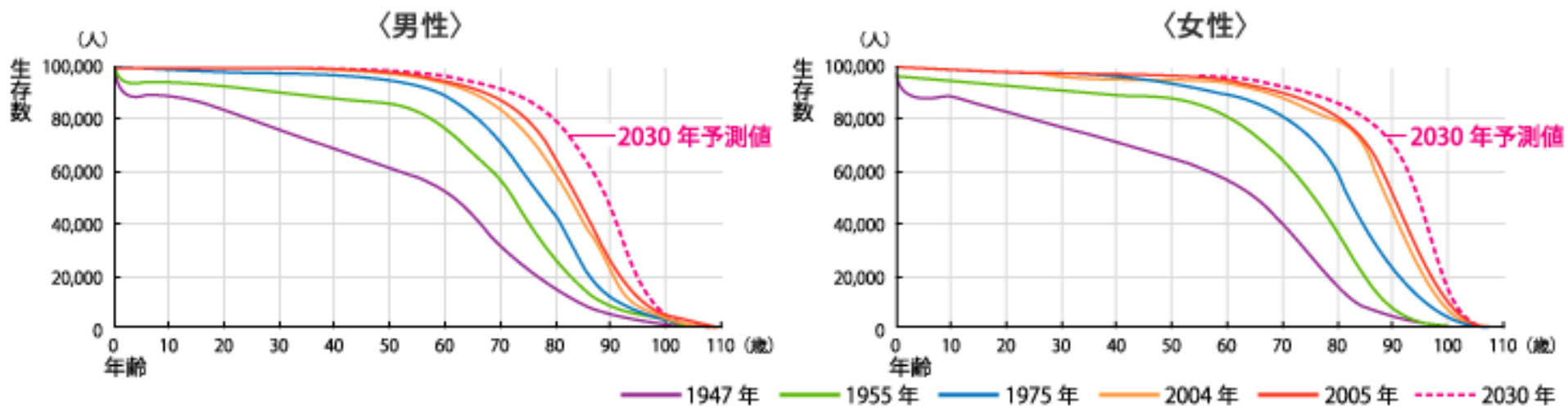
2000年

2020年

## 平均寿命の推移の国際比較

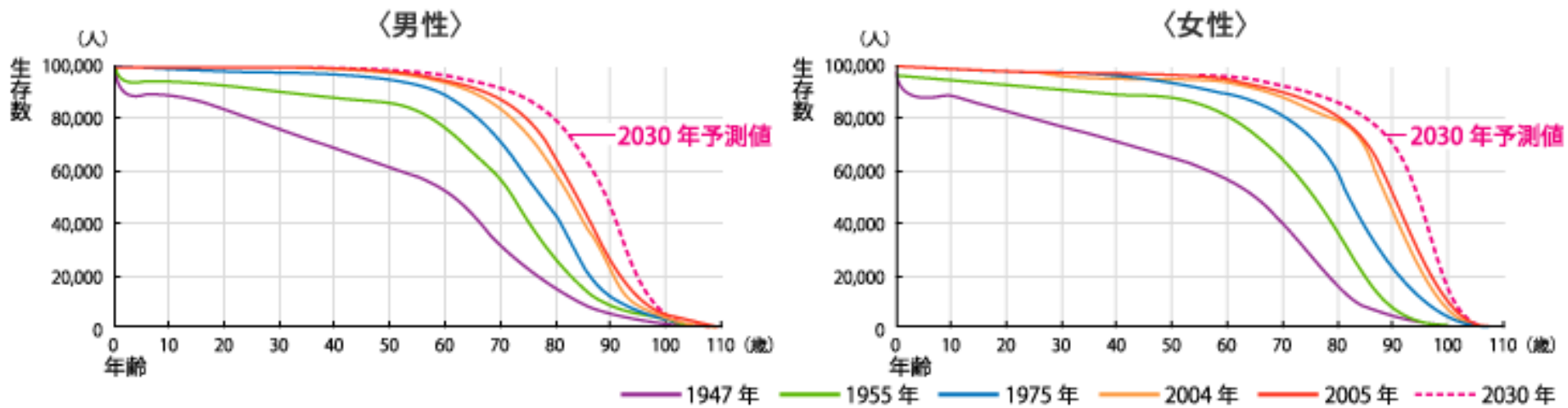
ウィキペディア (Wikipedia) より

# 日本人の生存曲線の年次推移



出典:厚生労働省ホームページより引用

## 日本人の生存曲線の年次推移



出典:厚生労働省ホームページより引用

平均寿命は伸びても最大寿命は変わらない

ちなみに

2016年 Nature誌

人口統計学により1990年代より最長寿者層の生存率は伸びていない

ヒトには限界年齢がある？

**115－125歳**

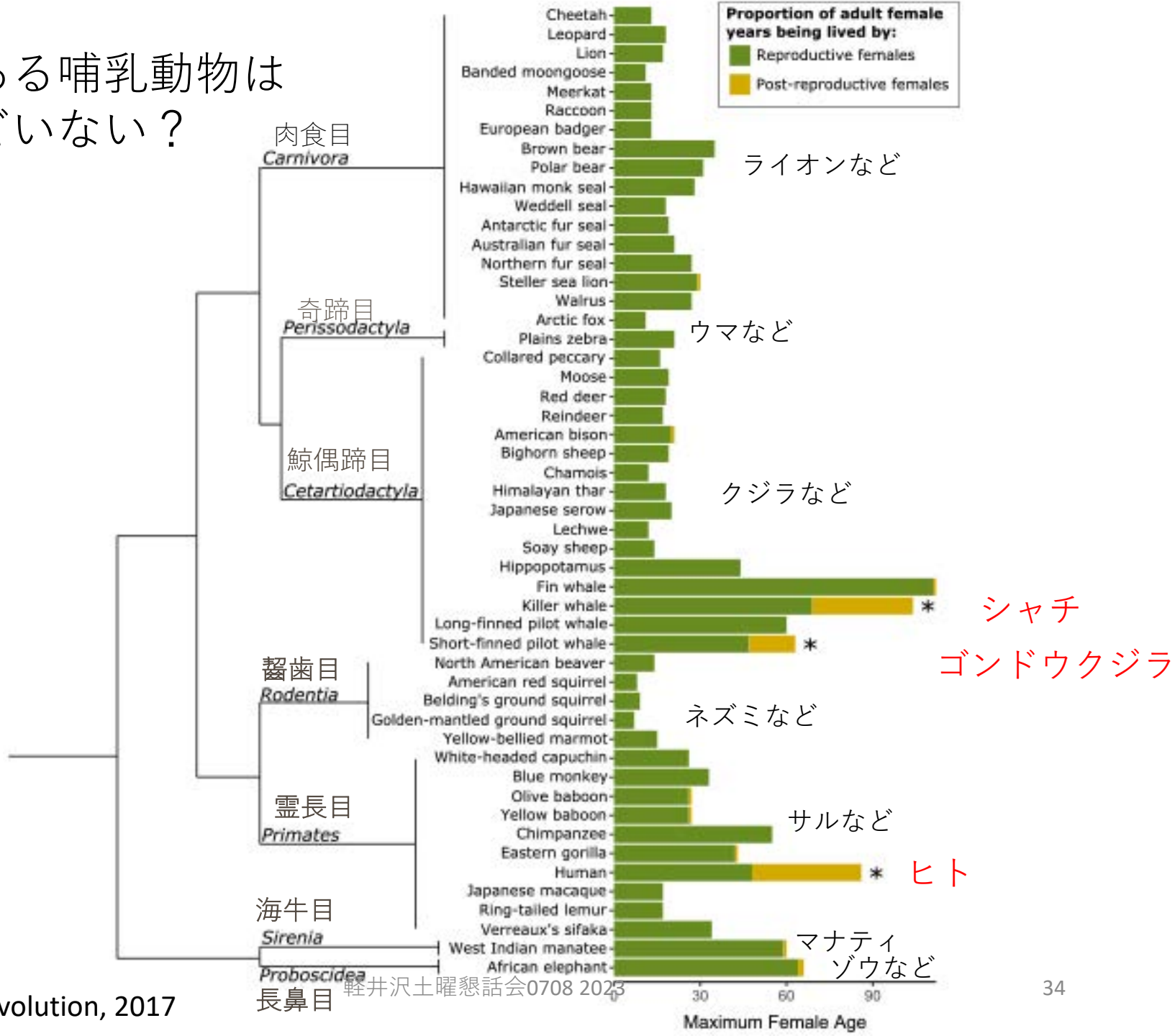
ちなみにこれまでの最長寿者はフランス人女性で**122歳**

実は

老いはヒト特有の生理現象



老後がある哺乳動物は  
ほとんどいない？



哺乳動物は一般的に生涯子供が産める

つまり老後はない

なぜヒトだけ長い老後があるのだろうか？

霊長類でもヒトしかない

ヒトになってから老後ができた

ヒトとサルの違いはなんでしょう？

霊長類でもヒトしかない

ヒトになってから老後ができた

ヒトとサルの違いはなんでしょう？

「体毛」

ヒトは「裸のサル」である

体毛が抜けて困ったこと、、、

ヒトは「裸のサル」である

体毛が抜けて困ったこと、、、

いつも赤ちゃんを抱っこしてないといけない

ヒトの赤ちゃんは手がかかる  
3歳くらいまで何ひとつ自分でできない

「長寿化のおばあちゃん仮説」

おばあちゃんが元気で長生きの家庭は栄える

「おじいちゃん」は？

「裸のサル」であるヒト祖先は**集団**で暮らした

団結力が強い**集団**が栄えた

年長者には**集団**をまとめる力があつた。

経験・知識が豊富、**私欲**が少ない

**年配者**がいる**集団**が栄えた

文明が高度になるとますます知識の継承、教育に年配者が活躍

ますます年長者がいる集団が栄えた

集団が豊かになると年長者はますます元気になる

寿命延長の正のスパイラル



少しまとめると、

年配者には重要な役割があった

年配者がいる方が有利だった

## 老いの意味

老いとは、社会貢献のためにあった！

利己から利他への意識の変化

## 小括 2

### 2、人の老いとは何か

利己から利他への意識の変化

少し脱線

### 3、死なないAIを生み出してしまったヒトの未来

チャットGPT

## 人の社会の2段構造

- 1、学びとあそびの部分（柔軟な部分）－若手が活躍
- 2、それを維持する基盤（盤石な部分）－シニアが重要

プラスAI

死なないAIとどこまで共存できるか

福祉の分野では活躍が期待

身体機能（行動、認知）の補助

それ以外はよくわからない。大量データの分析、利用は得意  
人口減少

すでにヒトの理解を超えている？

AIが人をどれだけ正確に人を理解できるかが鍵

人の幸せについての価値観、  
人とは何かを問う時代になってくる

自動運転は幸せか？ ベーシックインカムは幸せか？

不老不死は幸せか？

## 小括 3

### 3、死なないAIを生み出してしまったヒトの未来

人の幸福とは何かをしっかりと理解

## 4、老年的超越を目指して

お役目があって生かされる年長者の幸せとは？

本人にとっては長生きして何かいいことはあるのか？

なんのための長生きか？



## 老年的超越とは：

スウェーデンの社会学者、ラルス・トルンスタムが1989年に提唱した概念

85歳以上の人を持つ心理的特性

「物質主義的で合理的な世界観から、宇宙的、超越的、非合理的な世界観への変化

### 1、『感謝の認識』

他者に支えられている認識と他者への感謝の念が強まる

### 2、『利他性』（自分中心から他者を大切にする姿勢）

### 3、『肯定感』（肯定的な自己評価やポジティブな感情を持つ）

十分に生きた**満足感と幸福感**（いつ死んでも悔いはない）

**利己から利他へ、さらに公共への意識の変化**

## 小括 4

### 4、老年的超越を目指して

幸福感に満ちた心境に達するまで頑張る

ここ、つまり老年的超越まで生きるのが1つの長寿の意味

ここまで生きれるような社会制度の構築が必要

## まとめ

1、生物はどうして老い、そして死ぬのか

DNAが壊れるから

2、人の老いとは何か

利己から利他への意識の変化

3、死なないAIを生み出してしまったヒトの未来

人の幸福とは何か？

4、老年的超越を目指して

幸福感に満ちた心境に達するまで頑張る

# なぜヒトだけが老いるのか

小林武彦

人間以外の生物は老いずに死ぬ。  
**ヒトだけが獲得した  
「長い老後」には  
重要な意味があった—**



大反響  
累計 **20万部!**  
「生物はなぜ死ぬのか」  
待望の最新作!

生物学で捉えると  
「老いの常識」が覆る!

講談社現代新書

講談社現代新書 2023年6月22日発行

ご静聴ありがとうございました