

9回 地球上生命体に関して／遺伝子の役割

生物の進化について

ダーウィンの進化論を集団遺伝学や分子遺伝学と結びつけた説が現在の定説です。

環境の変化や学習によって遺伝子は変化することがないことは DNA の構造や働き の解明から明らかになりました。これについて、獲得形質は遺伝しないとするダーウィンの考えと一致します。また、遺伝子の組み合わせが変わるだけでは大きな進化はあり得ないことも明らかになっています。

遺伝子に変化が生じるのは「突然変異」だけです。

突然変異

DNA の塩基配列そのものが変化する遺伝子突然変異 (DNA の複製時のミス、数億塩基に 1 回程度のミスは生じる。ヒトの DNA は約 60 億塩基対) と細胞分裂時 (ほとんどは減数分裂時) に染色体の一部がちぎれ、正しく分かれなかったことによる染色体突然変異があります。

有利な突然変異と不利な突然変異

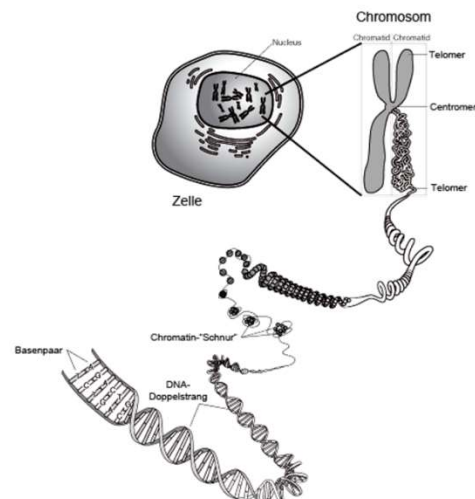
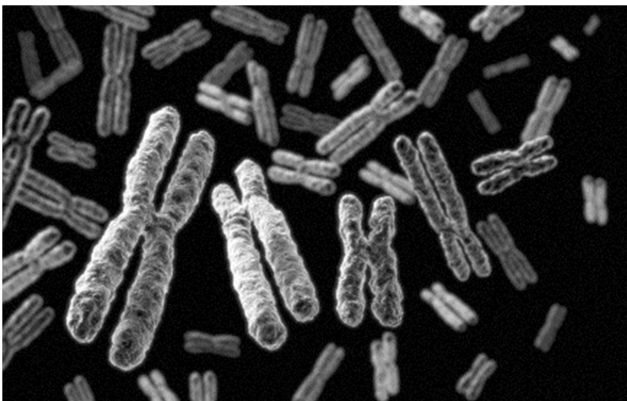
すべての変異はこのどちらかであり「有利でも不利でもない変異」はほとんど存在しません。

メンデルの法則で明らかなように遺伝子の組み合わせが変わるだけでは生物の進化は起こりません。(赤い花と白い花では赤い花が有利だとしても赤い花の比率が増えるだけで黄色い花は決して生じることはない) 有利な突然変異 は「自然選択」に生き残り、蓄積された結果として進化が起こります。

不利な突然変異は速やかに除去されます。有利な変異が生き残ることを「正の自然選択」、あるいは「ダーウィン淘汰」と呼びます。遺伝子に生じる突然変異の中で有利な変異が蓄積され、(有利な変異は表現型にも現れるはずなので自然選択を受け生き残る) 進化が起こるわけです。

現在の進化論は、このようにダーウィン自然選択を遺伝子のレベルに拡張して考えます。

ダーウィンの進化論とメンデル遺伝学が発展した集団遺伝学と突然変異説が結びついて生まれた進化論は「総合説」といわれ、これは 1960 年代には定説となります。その大きな特徴は自然選択が遺伝子のレベルでも働くとする自然選択万能論です。



遺伝子からみた地質時代

地球の誕生

地球が誕生したのは今から約 46 億年前。そして約 38 億年前まで生物は生まれなかった。

生命の誕生

生命誕生の場は海の中でした。この頃、地上には強い紫外線が降り注ぎ、火山活動は活発で、陸上は生物が生存することはできませんでした。生物の材料となったのはアミノ酸、塩基、糖などの有機物で、これらは原始大気中の二酸化炭素や窒素、水などの無機物に雷の放電や紫外線などのエネルギーが加えられて作られたようです。このころはまだ有機体の集合体でした。

やがて、原始 RNA が生まれ、RNA ワールドにおいてタンパク質の機能は洗練されていきます。

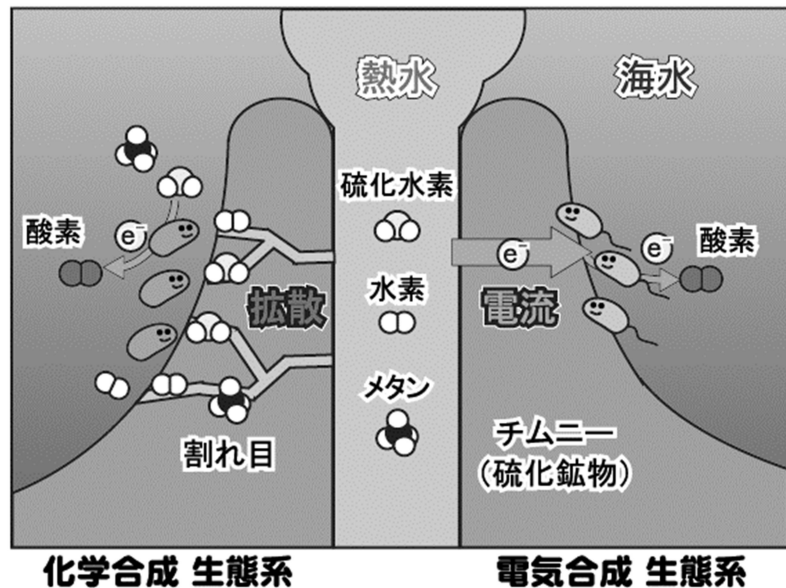
特に注目される出来事はリン酸によるエネルギー発生メカニズムが機能しはじめます。こうして RNA を遺伝子とした生物に近い有機体が誕生したといわれます。

現生の生物には RNA を遺伝子とするものは知られていません。ウイルスには RNA を遺伝子とするものもありますが、ウイルスは自律的な増殖能がなく、後の時代に細胞内部の因子から起源したと考えられています。

現在の生物が全て DNA を遺伝子として持っていることから、どこかの段階で遺伝子の機能が RNA から DNA へと移行したと考えられます。移行のタイミングについては謎ですが、原因については DNA 分子の方が RNA 分子よりも化学的に安定だったためではないかと言われています。

初期の生物は全て単細胞であり、はっきりとした核をもたない原核生物でした。これらの生物は、海の中を漂う有機物を利用し、嫌気呼吸つまり酸素を使わずに生息していました。しかし、有機物には限りがあり、やがて自分で栄養を作り出す手段が必要となりました。

これが光合成のはじまりで、約 35 億年前に藍藻植物(シアノバクテリア)がその担い手として登場しました。光合成によって、無機物である二酸化炭素と水からブドウ糖などの有機物を作り出すことができるようになりました。



藍藻植物が酸素を作るようになると、活発な光合成により大気中の酸素量が増えていき、紫外線の作用を受けて酸素からオゾンが生成されました。高度約 20~50 km の領域でオゾン層が形成され、生物にとって有害な紫外線はそこに吸収されるようになりました。こうして生物が地上でも安全に生活できる環境が長い年月をかけて作られました。

原核生物・真核生物

原核生物は長い年月をかけて多様な進化を続け、やがて 15 億年前に核をもった生物である真核生物が現れました。また、多細胞生物が誕生したのは 9~10 億年前だといわれています。

このような生物の進化は紫外線の少ない海の中で起こっていましたが、増加したオゾン層のおかげで海面や水際で生物は多様化しました。

生物の上陸

放射線や紫外線が減少して陸の上が安全になると、生物は次々と上陸をはじめました。最初に上陸したのは緑藻類（緑色の藻類で、クロロフィル a および b を多量に含む色素体をもつ最も簡単な植物）でした。陸上は光合成に必要な光があふれていることから植物は進化し、繁栄を始めました。

陸生植物は約 5 億年前に出現し、体をしっかり支えるために根や茎、葉が発達し、海の浅瀬から低地の沼へと徐々にその生息地域を拡大していきました。

またシダ植物が大繁殖しました。現在化石燃料として使われている石炭は、この頃から堆積し始めた植物が石灰化したものです。

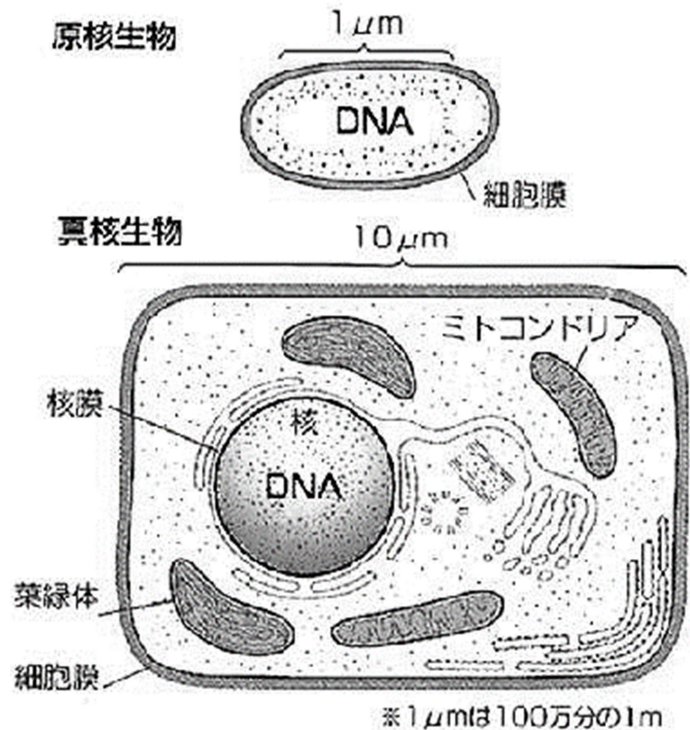
脊椎動物の誕生

植物に続いて節足動物などの無脊椎動物が上陸し、動植物は急速な進化を遂げていきました。脊椎動物が誕生したのは 4 億年位前のことです。

やがて恐竜が約 2 億 3000 万年前に登場しました。多様な植物、高濃度な酸素やオゾン为背景に、地球の自転も速く（1日約 20 時間）、恐竜は様々に進化していき、やがて陸・海・空すべてを支配するようになりました。鳥やほ乳類の先祖はこの恐竜の亜目から分化しました。

恐竜の絶滅

ところが 6500 万年前、恐竜は忽然と地球上から姿を消してしまいました。この絶滅に関しては隕石の衝突が最も考えられています。



人類の誕生

恐竜時代の後、生き残った小型のほ乳類や鳥類、爬虫類などが繁栄しました。人類の先祖である霊長類が出現したのは、今から約 6500 万年前、恐竜が絶滅する少し前と推測されています。

そして数百万年前、人類と類人猿とがわかれ、人類は他の動物とは異なった独自の進化を遂げはじめました。2002 年 7 月に 600~700 万年前のアフリカ中部のチャドでヒトの頭蓋骨が発掘され、これが人類最古のものとされています。

まとめ

海にはミネラルや有機物が豊富にあった。様々な有機体が原始の海で生まれた。

海には、炭素、水素、酸素、窒素、リンなど細胞構成元素が存在する。

隕石中の細菌混入も否定できない。

火星由来のナクラ (Nakhla) 隕石に細菌が作ったような細い管状の構造とその内部に詰まった有機物が確認された。

RNA 有機体が生まれた。

DNA 有機体が生まれた。

38 億年前に原始的細菌 (シアノバクテリア) が生まれた。

イスラエルの地層に含まれる鉛同位体を調べ、始生代にこの地域に酸化的な環境が存在したことがわかった。彼らは生物由来とされた有機炭素の量なども勘案し、この時代に酸素発生型の光合成を行うシアノバクテリアがいたのではないかと仮説している。

34.6 億年前には細菌が生まれる。

細菌の化石が見つかるのは、オーストラリアで発見された 34.6 億年前の微小な「化石」が今のところ最古の化石記録。

34.3 億年前から、ストロマトライトという構造が報告される。→クラミドモナス

真の微化石と言われる構造、光合成細菌などが層状に積み重なった形成物。

真核生物は 2 つ以上の生物が合わさってできたと考えられている。

細胞内にある一部のオルガネラ (ミトコンドリアや葉緑体) は真正細菌の細胞内共生によって誕生したもので、特にミトコンドリアの起源は現生の真核生物の最後の共通祖先より昔に遡ると考えられている。ミトコンドリアの元になった真正細菌はプロテオバクテリア門アルファプロテオバクテリア綱の生物と見られている。

一方でアルファプロテオバクテリアの宿主となった生物、すなわち真核生物の核の起源については未だに不明です。古細菌だとする意見も未だに根強く、RNA polymerase II が古細菌では共通して 2 つに分かれていることが証拠に挙げられる。