

強者の戦略

【生物：第21章：「ミトコンドリアのDNA」】

2014年 筑波大学 前期試験 / 2013年 藤田保健衛生大学 前期試験 より】

《 今回は、入試問題解説ではなく、「テーマ解説」としました 》

ミトコンドリアと葉緑体は、元は単独の原核生物で、今では細胞内で細胞小器官として共生しています。そのため、ミトコンドリアと葉緑体の内部には原核生物と同じように「環状DNA」やリボソームが存在しています。近年になって、ミトコンドリアのDNAの塩基配列が解読され、その遺伝子の全容が明らかになりました。 なんと言うことでしょう。 (次週へ続く)

★ 2014年 筑波大学 【3】

次の文章を読み、以下の問に答えよ。

真核細胞の細胞質に存在する [1] の1つであるミトコンドリアは、電子伝達系や [2] などに関わる酵素群を含み、これらの酵素群のはたらきで好気呼吸をおこなうことで、グルコースなどに存在するエネルギーを生命活動に直ちに利用できる形に変換するという重要な役割をはたしている。さらに、核とミトコンドリアの内部には、それぞれに固有な核DNAとミトコンドリアDNAが存在している。また、マウスなどのほ乳類では、精子由来のミトコンドリアDNAは子孫に受けつがれないことが明らかになっている。

ほ乳類のミトコンドリアDNAには、好気呼吸に必要な酵素群の一部を構成するタンパク質の遺伝子のみならず、これらのタンパク質の翻訳に必要な運搬RNA(tRNA)などの遺伝子も存在している。しかも、核DNAに存在する遺伝子の翻訳が細胞質の [3] でおこなわれるのに対し、ミトコンドリアDNAに存在する遺伝子の翻訳はミトコンドリア内の [3] でおこなわれている。しかし、ミトコンドリアDNAの複製に必要なDNA合成酵素、転写に必要なRNA合成酵素、翻訳に必要なタンパク質の遺伝子はいずれも核DNAに存在している。これらの遺伝子は核で転写され、細胞質の [3] でタンパク質に翻訳され、翻訳されたタンパク質はミトコンドリア内に輸送される。

このように、ミトコンドリアが正常な好気呼吸をおこなうには、ミトコンドリアDNAと核DNAの両方に存在する遺伝子が発現し、協調して機能することが必要となる。したがって、ミトコンドリアDNAに存在する遺伝子に突然変異が生じても、あるいは核DNAに存在する遺伝子に突然変異が生じても、好気呼吸の機能が低下する場合がある。

(以下、省略)

問1 空欄 [1] ~ [3] に当てはまる最も適切な語を記せ。

強者の戦略

★ 2013年 藤田保健衛生大学【3】

ミトコンドリアに関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

ミトコンドリア(mitochondria)の語源は、mito=「糸」chondria=「粒」で、その形態に由来している。ミトコンドリアの模式図として、教科書ではよく図3のように描かれているが、実際の細胞内での形(図4)は、その名が示すとおり、細長くのびた糸状を呈していることが多い。図3に示すように、ミトコンドリアは外膜と内膜の二重の膜で包まれた構造をしている。解糖系の最終産物である⁽¹⁾ピルビン酸はミトコンドリアの(ア)に存在するクエン酸回路によって完全に分解され、二酸化炭素と多量の[H]が生じる。[H]は補酵素Xと結合した後、(イ)に存在する電子伝達系に運ばれる。電子伝達系のタンパク質の間で電子が受け渡される際に、水素イオンは(ウ)から(エ)へくみ出される。⁽²⁾ATPは、この水素イオンの濃度勾配を利用して、ATP合成酵素により合成される。そしてエネルギーを運んだ電子は、水素イオンとともに最終的に酸素と結合して水になる。

ミトコンドリアは、二重の膜に包まれていること、独自のDNAをもっていることなどから、大昔に好気性の細菌が真核生物の内部に共生したものと考えられている。⁽³⁾ヒトのミトコンドリアのDNAは環状で、約16,500塩基対の大きさをもつ。ミトコンドリアDNAには、全部で37個の遺伝子がついているが、そのうち13個は呼吸関係の酵素、2個はrRNA、そして残りの22個はtRNAの遺伝子である。また、Dループと呼ばれる遺伝子がついていない1,100塩基対の領域が存在している。

DNAの塩基配列は、放射線や化学物質などさまざまな要因によって長い年月の間に少しずつ変化していくが、⁽⁴⁾ミトコンドリアDNAの塩基配列は、核内のDNAの塩基配列と比べて、5倍から10倍くらいの速さで変化することが知られている。このことを利用して、ヒトの進化や系統を調べたりするのに、ミトコンドリアDNAがよく用いられている。また、ミトコンドリアDNAの変異が原因で起こるミトコンドリア病も知られるようになってきた。⁽⁵⁾ミトコンドリアDNAの3分の1が欠失することで発症する慢性進行性外眼筋麻痺症候群(CPEO)は、筋組織や神経組織で障害が現れる病気で、母性遺伝はしない。CPEOの診断は、チトクロームc酸化酵素を欠損した筋繊維を検出することにより行われる。血液での遺伝子検査だけでは変異が見つからないことがある。

(以下、省略)

問5 下線部(4)について、

- i) ミトコンドリアDNAの塩基配列が変化する速度が、核内のDNAのそれと比べて速いのは、どのような理由によると考えられるか。
- ii) ミトコンドリアDNAの中でも塩基配列が変化する速度には差があり、遺伝子がついていないDループの領域は、遺伝子がついている領域と比べてさらに4~5倍多く塩基置換が見つかる。これはどのような理由によると考えられるか、簡潔に記せ。