

佐賀大学
平成24年度
入学者選抜試験問題
一般入試前期日程試験(医学部医学科)

総合問題Ⅱ

注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、「問題冊子」「解答用紙」は開いてはいけません。
- 2 総合問題Ⅱは、「問題資料2，問題資料3，問題資料4」及び「解答用紙 医・解答2，医・解答3，医・解答4」からなり、枚数は次のとおりです。

問題資料	医・資料2	: 5 ページ
	医・資料3	: 2 ページ
	医・資料4	: 2 ページ

(白紙のページは、下書き又は計算紙として利用しても構いません。)

解答用紙	医・解答2	表紙 : 1 枚
		解答用紙 : 5 枚
	医・解答3	表紙 : 1 枚
		解答用紙 : 2 枚
		計算紙 : 2 枚
	医・解答4	表紙 : 1 枚
		解答用紙 : 1 枚

- 3 試験終了後、「問題冊子」は持ち帰ってください。

佐賀大学

総合問題Ⅱ（医学科一般入試前期日程試験）

問 題 資 料

医・資料 2 : 5 ページ

問題資料 医 2

生命エネルギーとミトコンドリア

私たちは、なぜミトコンドリアのような細胞小器官を持つようになったのだろうか。40 億年という途方もなく長い生物の歴史の中で、私たちの祖先がいかに進化し、どのような経緯でミトコンドリアという細胞小器官を作ったのかを完全な形で解明することは、現在でも、またこれから、そしておそらくは永久に不可能なことである。しかし、現在生きているさまざまな生物の形や生活の様子、遺伝情報などを比較したり、過去の生物の化石などを調べたりすることで、その過程をある程度推測することはできる。

細胞のつくりで見ると、地球上のすべての生物は過去に生きた生物も含め、原核生物と真核生物という 2 つのグループに分けることができる。地球上に最初に現れたのは原核生物だった。原核生物は、まだ核などの細胞小器官を持っておらず、生物の設計図である遺伝情報をなう DNA は細胞質の中にあつた。その後、一部の原核生物は、細胞を覆っている細胞膜を変化させるなどの方法で、二層の膜から構成される核膜を細胞質内に作り上げた。そしてこの核膜の中に DNA を保管することで核という細胞小器官を構築し、真核生物に進化したと考えられる。

原核生物たちは核やミトコンドリアのような細胞小器官を持たず、細胞内における分業体制が構築されていない。一方、それ以外の生物、すなわち真核生物のほとんどすべては核とミトコンドリアを持っている。

ミトコンドリアと共生しはじめた真核生物は、現在のアメーバやゾウリムシのような単細胞生物であつたが、ミトコンドリアというエネルギー工場を有効に利用することによって、その後、より高等で複雑な生命機能を営む生物への進化が約束された。そしてこの原生生物をベースに植物、菌類、動物が現れ、その多くは多細胞生物として、より複雑な生命活動を営むようになった。特に植物の祖先は、ミトコンドリアとの共生後、さらに光合成をする原核生物を取り込んだ。そしてこれを葉緑体という細胞小器官として利用することで、酸素と栄養分を大量に生産していったのである。

私たちの細胞内には、生命活動に必要なさまざまな機能を効率よく働かせるため、機能の異なるさまざまな細胞小器官が存在している。それはちょうど、私たちの体が複雑な機能を効率よく営むために、脳や心臓などの臓器（器官）が分担して、それぞれの役割を果たしているのによく似ている。細胞の中にも、呼吸活動を行うミトコンドリアやタンパク質の合成に係わっている（①）など、さまざまな役割を持った細胞小器官が

存在する。核という細胞小器官は、生物の設計図を収録した DNA を厳重に保管する金庫の様な役割を果たしている。DNA の中にある遺伝子は、この金庫の中に常時保管されており、必要な情報だけが (②) にコピー (転写) されて、細胞質に運ばれていく。

遺伝子にコード (暗号化) されているタンパク質は、細胞内と細胞外で働くものがある。転写された (②) は、その種類に応じて 2 つのルートに分かれる。第一のルートでは、(②) は遊離 (①) でタンパク質に翻訳された後、翻訳されたタンパク質は細胞内の所定の場所に運ばれていき、そこでそれぞれの機能を果たす。第二のルートでは、(②) は膜結合 (①) でタンパク質に翻訳され、翻訳されたタンパク質は (③) やゴルジ体という細胞小器官を通して輸送や加工された後、分泌小胞にいったん貯蔵される。そして必要に応じて、細胞外に分泌されて、必要な場所に運ばれ、そこで生命活動に必要な機能を果たす。

生物が生命活動に利用できるエネルギーは、ATP (アデノシン三リン酸) が分解されて ADP (アデノシン二リン酸) になるときに生じるエネルギーに限られている。ミトコンドリアは ATP を大量に作り出す工場で、生物はこの ATP を使ってさまざまな生命活動を営んでいる。生命活動に利用されるエネルギーの源のほとんどは太陽から降り注いでいる光のエネルギーに由来する。しかし、生物は光のエネルギーを直接 ATP に変換することはできない。光のエネルギーを化学エネルギーに最初に変換するのは、植物の細胞に存在する葉緑体という細胞小器官である。葉緑体は光合成を行い、(④) と (⑤) と光のエネルギーから (⑥) と酸素を作り出す。

私たちは、このようにして植物が光合成で作った (⑥) などの栄養素を食事によって摂取し、植物が光合成によって作った酸素を呼吸で取り込む。体内に入った (⑥) は小腸で、酸素は肺で血液に入る。そして、個々の細胞は血液によって運ばれてきたこの (⑥) と酸素を取り込み、引き続いてミトコンドリアで大量の ATP を産生する酸素呼吸が行われる。私たちが通常行っている酸素呼吸は、解糖系 → (⑦) → (⑧) の 3 つの過程を経て段階的に行われる。酸素呼吸の第一段階ともいえる解糖系では、(⑥) が細胞質の中にある酵素の力によって、ピルビン酸に分解される。この際に、(⑥) 1 分子あたり、2 分子の ATP が生成される。このプロセスでは酸素はまったく使われない。一般にこのように酸素を用いないで ATP を取り出すことを (⑨) という。解糖系で生じたピルビン酸はミトコンドリア内にあるマトリックスに入り、途中 (⑩) などに分解される。この際にも 2 分子の ATP が生じる。そして (⑦) で作られた水素は、ミトコンドリア内部の呼吸酵素複合体が

一定の順番でならんだ (⑧) に運ばれ、その過程で 34 分子の ATP が生成される。つまり、酸素呼吸によって得られる 38 分子の ATP の約 9 割が (⑧) で生成されるわけだ。

動物細胞で独自の DNA を持っているのは核とミトコンドリアだけだ。ミトコンドリア内に含まれる DNA は、核に含まれる DNA とは全く別物である。核 DNA とミトコンドリア DNA (mtDNA) では様々な点で違いがある。例えば細胞内の数と遺伝形式が異なる。mtDNA の場合、ほとんど同じ塩基配列の分子が 1 つの細胞当たり数千コピーもの集団として存在する。mtDNA 分子は例外なく母親由来である。これに対して核 DNA の場合は両親からそれぞれ 1 コピーずつ受け継ぐ。したがって細胞内には計 2 コピーしか存在しない。また遺伝情報が翻訳される場所は、核 DNA の遺伝子は核の内部で転写されて (②) になった後、核の外に出て細胞質でタンパク質に翻訳されるのに対し、mtDNA 遺伝子の (②) への転写とタンパク質への翻訳はすべてミトコンドリア内で行われている。

さらに細胞が分裂する際の遺伝情報の複製と分配に違いがある。核 DNA は DNA 合成期にすべての複製作業が行われる。その後、細胞分裂のため染色体の構築が行われ、しばらくしてから分裂期になると特殊な分裂装置が出現する。この装置は、親細胞が持っていたすべての遺伝情報を、分裂して生じた 2 つの娘細胞が同等に持つように厳格に分配する役目がある (厳格分配)。この分裂装置があるおかげで、何回も細胞分裂を繰り返した後でも、1 つ 1 つの細胞は受精卵の核 DNA とほとんど変わらない遺伝情報を持つことができる。これに対して、mtDNA を複製したり娘細胞に分配する方法は核 DNA とまったく異なる。数千コピーもある mtDNA の複製はランダムに起きることに加え、mtDNA には核 DNA のような分裂装置はない。そのため mtDNA は、基本的には確率法則に従ってランダムに娘細胞に分配される (ランダム分配)。

mtDNA は完全母性遺伝するため、母親が mtDNA の病原性突然変異を原因とする病気になっていれば、当然子供にも母性遺伝する可能性が高い。それと同時にもし mtDNA に病原性突然変異が生じ、それが蓄積すれば「呼吸酵素活性の低下」、すなわち、エネルギー生成能力の低下の症状が起きる。

mtDNA 突然変異が原因のミトコンドリア病では、筋力低下、疲労、難聴、低身長、高乳酸血症、腎不全、心筋症、糖尿病など多岐にわたる症状が出現する。幾つかのミトコンドリア病の中でも、外眼筋麻痺により瞼 (まぶた) が垂れ下がり眼球運動が阻害される慢性進行性外眼筋麻痺症候群という病気がある。しかしこの病気では家族歴が無く、病気は見かけ上、母親から遺伝しない。一方、この患者の筋肉にあるミトコンドリアを

調べたところ、遺伝情報の約三分の一を失った mtDNA が、正常（野生）型の mtDNA と共存しているのが発見された。さらに患者の血液を調べたところ、まったく結果は違っていた。いかなる理由からか、この大欠失型 mtDNA は血液には存在しなかったが、筋肉には存在したのである。なぜ母性遺伝しない慢性進行性外眼筋麻痺症候群ばかりに大欠失型 mtDNA が発見されるのか。繰り返し言うが、子の mtDNA は母親の mtDNA の完全なコピーであり、母親がミトコンドリア病であれば、子が同じ病気になると考えるのが合理的だ。

謎を解く鍵は、大欠失型 mtDNA の複製のスピードとその致死性の高さにあった。卵に成熟する前の生殖細胞（卵原細胞）にこの大欠失型 mtDNA が 1 分子でもあると、その後繰り返される細胞分裂と卵への成熟過程で正常型 mtDNA を凌駕するまで増殖し、受精卵や胎児を死にいたらしめてしまうからである（図 1）。

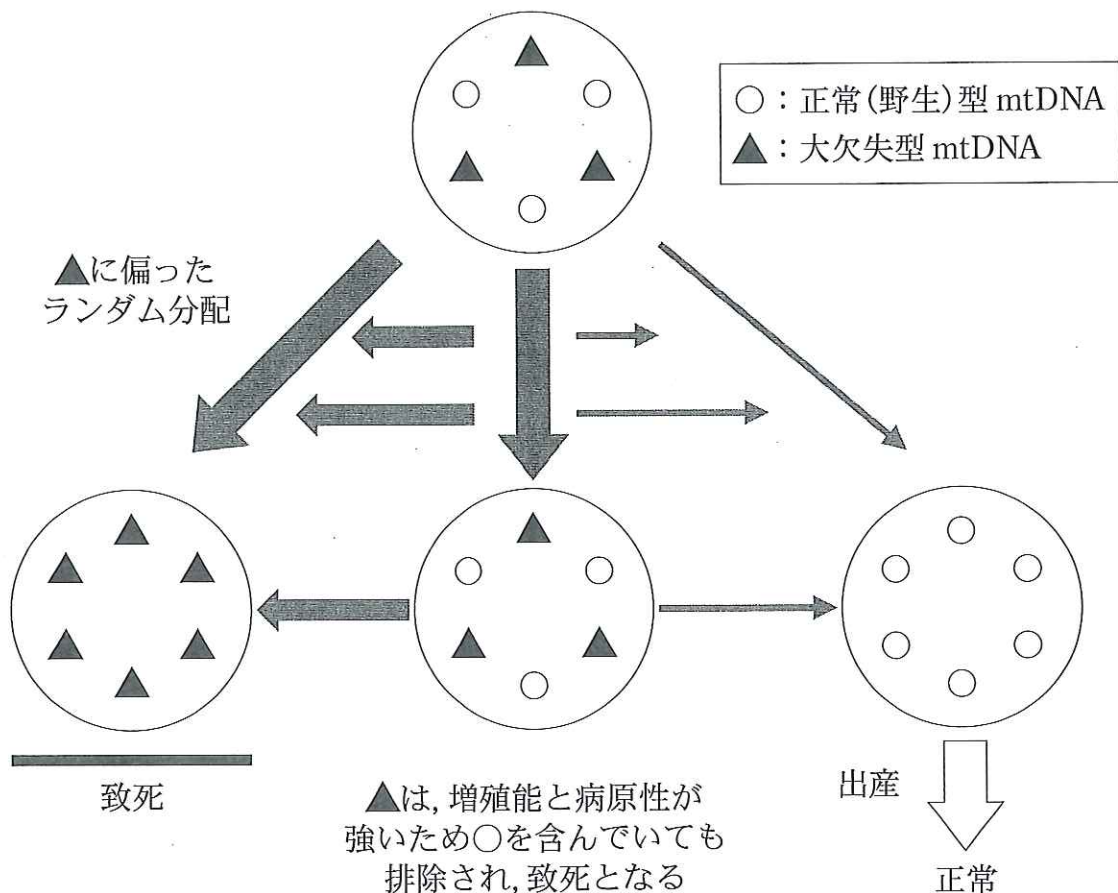


図 1 卵形成における大欠失型 mtDNA の伝達様式
ただし、矢印の線の太さは確率の大きさを意味する。

つまり、慢性進行性外眼筋麻痺症候群という病気はあまりにも致死性が高く、その結果、見かけ上母性遺伝することができなかったのである。強い病原性と速い複製速度。大欠失型 mtDNA が持つこれら二つの特性によって、多くの卵や胚、場合によっては胎児でも、この大欠失型 mtDNA を短期間で蓄積し、一気に致死性になっている。その一方で、正常な mtDNA を持つ卵もわずかに存在し、この卵からは健康な子供ができるため、見かけ上は母性遺伝しなくなるのである（図2）。

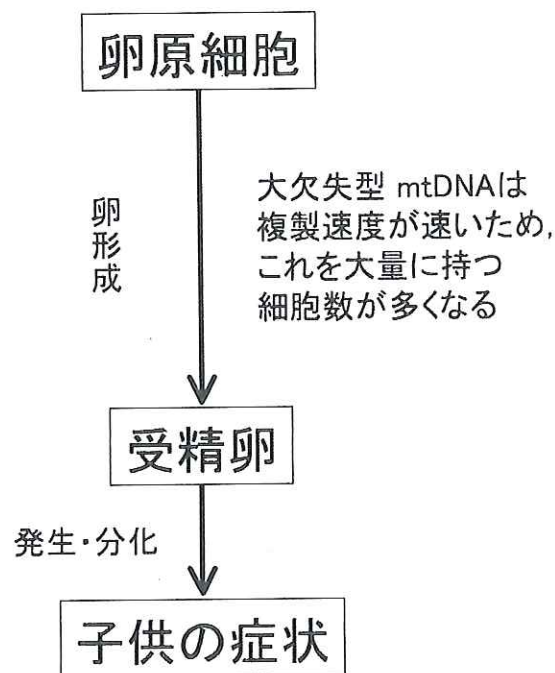


図2 卵形成における伝達経路

（林 純一 著：「ミトコンドリア・ミステリー」，講談社ブルーバックス，2002 年，より一部改変して引用）

佐賀大学

総合問題Ⅱ（医学科一般入試前期日程試験）

問 題 資 料

医・資料 3 : 2 ページ

1 自然数からなる数列 $\{a_n\}$ は,

$$a_1 = 1, a_2 = 13, a_{n+2} = a_{n+1} + 6a_n \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

のように定められているとする。次の問いに答えよ。

(1) 定数 α, β は

$$a_{n+2} - \alpha a_{n+1} = \beta (a_{n+1} - \alpha a_n) \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

を満たすとする。このような α, β の組をすべて求めよ。

(2) a_n を n の式で表せ。

(3) a_n と 30 の最大公約数は 1 になることを示せ。

2 関数 $f(x) = |x-1| + |x-2| - a$ は $\int_0^3 f(x)dx = 0$ を満たしている。

ただし、 a は定数とする。次の問いに答えよ。

- (1) a を求めよ。
- (2) 放物線 $C: y = g(x)$ と $y = f(x)$ のグラフは、相異なる3点で接しているとする。
 $g(x)$ を求めよ。
- (3) (2) の C と $y = f(x)$ のグラフとで囲まれた2つの部分の面積の和を求めよ。

佐賀大学

総合問題Ⅱ（医学科一般入試前期日程試験）

問 題 資 料

医・資料 4 : 2 ページ

ロケットの打ち上げに関する次の問題を、以下の手順にしたがって解いてみよう。

ロケットのはじめの質量は M_0 [kg] であって、 r_0 [kg/s] という一定の割合でもえた燃料を噴出する。噴出する速さはロケットに相対的に V_0 [m/s] である。

問題 1 ロケットが動き出す瞬間の加速度を求めよ。ただし、重力は無視する。

問題 2 もしも $V_0 = 2.0 \times 10^3$ m/s であるとすれば、ロケットが動き出す瞬間に推進力 $F = 1.0 \times 10^5$ kg 重を得るためには、 r_0 はいくらでなければならないか。

問題 3 任意の時刻での、ロケットの速さとロケットの質量とを結び付ける式を求めよ。

ロケットが飛ぶ原理は驚くほど単純だ。たとえるなら、湖面に浮かんだ小船の上で背後に何か物体を投げると、その反動で舟が前に進むのと同じなのである。つまり、(ア) の法則なのだ。あるいは、同じことだが、運動量保存の法則と考えてもらってもかまわない。

問題 1 を解くためには、ロケットが動き出す瞬間の加速度を a [m/s²] として、ロケットと噴出物を合わせた全体に運動量保存の法則をあてはめればよい。すなわち、 Δt [s] という短い時間で Δm [kg] の燃料を噴出すると考えると、ロケットが発射して Δt 後のロケットの運動量は、 $\Delta m \Delta t$ を微小量として無視すると、(イ) [kg·m/s] と書ける。また、噴出物の運動量は $\Delta m V_0$ [kg·m/s] となるので、

$$\text{(イ)} - \Delta m V_0 = 0$$

という等式がなりたつ。もえた燃料は一定の割合 r_0 [kg/s] で噴出されるので、

$$a = \text{(ウ)} \text{ [m/s}^2\text{]}$$

という加速度の式が得られる。ここで、 Δt の間での加速度変化は無視した。

次に問題 2 だ。「kg 重」という単位は注意が必要だ。1kg 重は、1kg の物体にはたらく重力の大きさである。だから、推進力 F に関して、重力加速度を 9.8 m/s^2 として、

$$F = 1.0 \times 10^5 \text{ kg 重} = \text{(エ)} \text{ N}$$

という式を書くことができる。問題 1 で求めた結果を使えば、

$$r_0 = \text{(オ)} \text{ kg/s}$$

という答えが得られる。

最後に問題 3 である。まず、時刻 t において、ロケットの運動量が MV だとする。直後の時刻 $(t + \Delta t)$ では、ロケットの質量は $(M + \Delta M)$ 、ロケットの速度は $(V + \Delta V)$ になり、噴出物の運動量は (カ) になるだろう。ここで、時刻 t と時刻 $(t + \Delta t)$ で、全運動量は等しいはずだから、

$$MV = \text{(キ)} + \text{(カ)}$$

という式を書くことができる。これから、 $\Delta M \Delta V$ は微小量とみなして無視すると、

$$\frac{\Delta V}{\Delta M} = \boxed{\quad} \quad (\text{ク})$$

が得られる。この式は、 $\Delta t \rightarrow 0$ のとき、 $\Delta M \rightarrow 0$ 、 $\Delta V \rightarrow 0$ なので、

$$\frac{dV}{dM} = \boxed{\quad} \quad (\text{ク})$$

となる。このような式を微分方程式と呼ぶ。ロケットは、はじめ質量 M_0 [kg] で静止していたのであるから、 $V(M_0) = 0$ という条件の下で上式を満たす $V(M)$ を求めると、

$$V(M) = \boxed{\quad} \quad (\text{ケ})$$

となる。ロケットの最終速度を V_l 、最終質量を M_l とすれば、

$$V_l = \boxed{\quad} \quad (\text{コ})$$

である。これは、宇宙ロケットの教科書には必ず載っている有名な式である。この式は、ロケットの最終速度は、燃料噴出速度と質量比とで表せることを示している。質量比というのは、ロケットの最初の質量 M_0 と燃料噴出後の最終質量 M_l との比である。通常、この M_l が人工衛星などの質量ということになる。

ロケットが人工衛星になるためには、最終速度 V_l は約 8km/s 以上でなければならない。化学燃料の典型的な噴出速度を $V_0 = 2\text{km/s}$ とし、自然対数の底を $e = 2.7$ として計算すると、その質量比は、

$$\frac{M_0}{M_l} = \boxed{\quad} \quad (\text{サ})$$

となる。簡略化された計算だが、人工衛星の質量に対してかなり大量の燃料が必要になるわけだ。

ロケットの打ち上げをテレビで目にしたことがあるだろう。巨大なロケットを打ち上げて、何段もブースターを捨てて、最終的に小さな探査船が宇宙空間に放出される理由が、この計算で実感できるのではなかろうか。

もちろん、実際のロケット打ち上げは、ずっと複雑なのであるが…。

[竹内薫『『ファインマン物理学』を読む』、講談社、2005 より改変して引用]

受験番号		氏 名	
------	--	-----	--

佐賀大学

総合問題Ⅱ（医学科一般入試前期日程試験）

解 答 用 紙

医 ・ 解 答 2 : 5 枚

注 意 事 項

「解答用紙」の表紙に受験番号と氏名を記入し、さらに「解答用紙」1枚毎に受験番号を記入してください。

問題資料 医 2 を読んで、次の問いに答えなさい。

問 1 資料文章中の (①) ～ (⑩) の中に入る最も適切な語句を下の解答欄に記入しなさい。

- | | |
|---------|---------|
| ① _____ | ② _____ |
| ③ _____ | ④ _____ |
| ⑤ _____ | ⑥ _____ |
| ⑦ _____ | ⑧ _____ |
| ⑨ _____ | ⑩ _____ |

問 2 下記の質問に答えなさい。

① ヒトでミトコンドリアが特に多い細胞を 2 つ選び、記号で解答欄に記入しなさい。

- a. 赤血球 b. 肝細胞 c. 卵子 d. 精子

解答欄 _____

② ミトコンドリアの幅（短径）はおよそどのくらいか。1 つ選び、記号で解答欄に記入しなさい。

- a. 30 nm b. 500 nm c. 30 μ m d. 80 μ m

解答欄 _____

- 問3 ミトコンドリアの由来は、酸素呼吸能力を獲得した原核生物だといわれている。この原核生物が原始真核生物の中に取り込まれ、共生を始めたという、いわゆる「細胞内共生説」が現在、多くの研究者から支持されている。その根拠と考えられる事実を2つ挙げなさい。

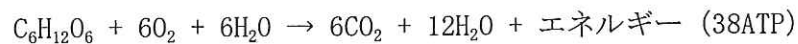
事実1 : _____

事実2 : _____

- 問4 呼吸鎖の電子伝達系と光合成の電子伝達系における相違点を下記の3つの単語を用い、200字以内で述べなさい。ただし、NADPは4文字と数える。

光エネルギー ・ 酸化還元反応 ・ NADP

問5 次の式で計算される酸素呼吸において 100g のグルコースが、完全に分解される場合、下記の質問に答えなさい。ただし、原子量はH=1, C=12, O=16 とし、小数点以下は四捨五入して、それぞれ解答欄に答えなさい。



- ① 発生する二酸化炭素は何 g か。
- ② 生成した ATP は何モルか。
- ③ 吸収された酸素は標準状態において何リットルか。

解答欄

①	②	③
g	モル	リットル

問6 以下の文章中の (①) ～ (⑤) に最も適した語句を下の語群から選び、それぞれ解答欄に記号で答えなさい。

ミトコンドリアの (①) に組み込まれている ATP 合成酵素には、 H^+ を輸送するチャネル様の通り道がある。その通り道を H^+ が H^+ 濃度の高い (②) から低い (③) に向けて移動し、その際 ATP が合成される。この H^+ の濃度勾配による ATP 生成のしくみは、(④) と呼ばれ、光合成における (⑤) にも共通した機構である。

- | | | | |
|----------|-----------|-----------|-------------|
| a. 外膜 | b. 内膜 | c. 膜間スペース | d. 酸化的リン酸化説 |
| e. 細胞質基質 | f. マトリックス | g. クエン酸回路 | h. 光リン酸化反応 |
| i. 化学浸透説 | j. 解糖系 | k. 化学還元説 | l. 脱リン酸化反応 |

解答欄

①	②	③	④	⑤
---	---	---	---	---

- 問7 酸素呼吸の場であるミトコンドリアに存在する mtDNA が、核 DNA に比べて損傷を受けやすい理由を 80 字以内で述べなさい。ただし、mtDNA は 5 文字と数える。

- 問8 慢性進行性外眼筋麻痺症候群の患者において、造血幹細胞から作られる血液では、大欠失型 mtDNA が見つからず、一方、非分裂組織である筋肉には大欠失型 mtDNA が見つかる理由を述べなさい。

- 問9 カリフォルニア大学の研究グループが、5 地域から 147 人をサンプリングし、mtDNA の変化率を調べ、アジア系やヨーロッパ系の人々もアフリカ系から分れて変化していったのではないかと報告した。その結果、すべての人類は約 20 万年前にアフリカに住んでいた 1 人の女性から分化したという学説（ミトコンドリア・イブ説）が提唱された。この説の妥当性について下記の 4 つの単語を用い、160 字以内で説明しなさい。ただし、mtDNA は 5 文字と数える。

mtDNA ・ 母性遺伝 ・ 女系祖先 ・ 自然淘汰

佐賀大学

総合問題Ⅱ（医学科一般入試前期日程試験）

解 答 用 紙

医 ・ 解 答 3 ： 解答用紙 2 枚
 計 算 紙 2 枚

注 意 事 項

- 1 「解答用紙」の1枚毎に受験番号を記入してください。
- 2 「解答用紙」の裏面を使う場合は、続きの解答を裏面の仕切り線の下に記入してください。
- 3 この表紙および計算紙は、持ち帰ってください。

受験番号	
------	--

医・解答 3-1

評 点 欄

1

1

受験番号	
------	--

医・解答3-2

2

評 点 欄

2

受験番号		氏 名	
------	--	-----	--

佐賀大学

総合問題Ⅱ（医学科一般入試前期日程試験）

解 答 用 紙

医 ・ 解 答 4 ： 1 枚

注 意 事 項

「解答用紙」の表紙に受験番号と氏名を記入し，さらに「解答用紙」1枚毎に受験番号を記入してください。

問題資料 医4を読んで次の問いに答えなさい。

問1 資料文中の(ア)～(サ)に当てはまる最も適切な語句、記号、数値または式を書き入れなさい。

(ア)

(イ)

(ウ)

(エ)

(オ)

(カ)

(キ)

(ク)

(ケ)

(コ)

(サ)