

1

【解答】

問1 1・2 — ④・⑤ 問2. 3—⑦ 問3. 4・5—④・⑤ 問4. 6—③

【解説】

〈細胞の進化〉

約 40 億年前に誕生したと考えられている最初の生物は、原核細胞からなり、従属栄養型で嫌気性（嫌気呼吸を行う）であった。やがて、始原菌（アーキア、古細菌）と細菌（バクテリア、真正細菌）という 2 つのグループに大別され、30~27 億年前にシアノバクテリア（ラン藻）が出現した。シアノバクテリアは、水を分解して酸素を発生する光合成を行ない、その結果大気中の酸素濃度が上昇し、酸素を用いて有機物を効率よく分解する好気性の細菌が進化した。始原菌の細胞に、嫌気性の細菌が共生してミトコンドリアになり、シアノバクテリアの一種が共生して葉緑体になったと考えられている。

問 1,2

〈原核生物〉

原核細胞には、核膜に包まれた明瞭な核が存在しないばかりでなく、核以外にもミトコンドリアや葉緑体などの多くの細胞小器官が存在しない。原核細胞でできている原核生物の DNA はヒストンに結合していない環状 DNA で、細胞質中に存在している。

〈真核生物〉

真核細胞には、核膜に包まれた核が存在する。また、ミトコンドリアなどの多くの細胞小器官が存在する。真核細胞でできている真核生物の核 DNA はヒストンと結合した鎖上の DNA である。

原核細胞をもつ原核生物は一般に乳酸菌などの細菌類（バクテリア）とネンジュモなどのラン藻類（シアノバクテリア）に分けられる。

酵母菌は菌類に分類される真核生物である。

よって問 1 1・2 — ④・⑤ 問 2. 3—⑦となる。

問 3

1970 年、アメリカのマーギュリスが唱えた、他の生物が細胞内に侵入して共生した結果、細胞小器官ができたとする考え方を、共生説（細胞共生進化説）という。

ミトコンドリアと葉緑体に関しては、共生説が支持されている。その根拠としては、ミトコンドリアと葉緑体は、異質二重膜でできていること（内膜は外膜や細胞膜と成分などが異なる）、また独自の DNA やリボソームをもち、半自律的に増殖できることなどが挙げられる。

ミトコンドリアや葉緑体の起源は、それぞれ真核生物の祖先細胞に好気性細菌、ラン藻類が共生して生じたと考えられている。

一方、核や小胞体などに関しては、膜進化説が正しいと考えられている。

よって 4・5—④・⑤となる。

問 4

〈三ドメイン説〉

界のさらに上位の階級としてドメインを設定し、生物を、真核生物、細菌（バクテリア・真正細菌）、アーキア（始原菌・古細菌）という3つのドメインに分けるという考え方を三ドメイン説といい、1990年、リボソームRNAの解析から、アメリカのウーズによって提唱された。

・真核生物ドメイン

三ドメイン説における1つのドメインで、核膜に囲まれた核をもつ生物群を真核生物ドメインという。

・細菌（バクテリア・真正細菌）ドメイン

三ドメイン説における1つのドメインで、細胞膜成分が真核生物と同じくエステル型脂質をもち、細胞壁がペプチドグリカンである原核生物を細菌（バクテリア・真正細菌）ドメインという。

・アーキア（始原菌・古細菌）ドメイン

三ドメイン説における1つのドメインで、細胞膜成分が真正細菌や真核生物とは異なりエーテル型脂質、細胞壁が糖タンパク質である原核生物をアーキア（始原菌・古細菌）ドメインという。メタン菌、高度好塩菌、超高熱菌などは、非常に苛酷な環境にも生息している。形態的には細菌とは大きく異なり、むしろ転写・翻訳・複製などに関しては真核生物に類似する。

- ① 誤り。化学合成は真正細菌である亜硝酸菌、硝酸菌、硫黄細菌なども行う。
- ② 誤り。ゴルジ体は真核細胞でしか見られない。
- ③ 正しい。上記のポイント解説より核膜の有無は、真正細菌と古細菌の違いを区分するものではなく、真核生物との違いを説明しているに過ぎない。
- ④ 誤り。細胞壁は真正細菌にも存在する。
- ⑤ 誤り。古細菌にはミトコンドリアは存在しない。

よって6—③となる。

2

【解答】

問1. 7—③ 問2. 8—③ 問3. 9—② 問4. 10—⑤ 11—② 12—⑥
問5. 13—⑤ 問6. 14—⑤

【解説】

問1

〈スプライシング〉

真核生物では、転写される DNA の塩基配列の中にタンパク質の遺伝情報があり、その遺伝情報の中に、翻訳される部分（エキソン）と翻訳されない部分（イントロン）がある。いったんは、エキソンの部分もイントロンの部分も転写されるが、このうちのイントロンの部分はループ状になって取り除かれ、成熟伝令 RNA が生じる。そのような過程をスプライシングという。

〈メセルソンとスタールの実験〉

1958 年、メセルソンとスタールは窒素の同位体を含む塩化アンモニウムの培地で、大腸菌を何代にもわたって培養して、DNA の複製は半保存的複製であることを証明した。

〈DNA の複製のしくみ〉

DNA を構成する 2 本のヌクレオチド鎖の、塩基どうしの結合が切れ、2 本のヌクレオチド鎖がほどけると、それぞれの鎖の塩基に相補的な塩基をもったヌクレオチドが結合していき、半保存的に複製される。このとき、DNA ポリメラーゼという酵素が働く。

DNA の複製には、DNA ポリメラーゼ以外にも DNA ヘリカーゼ（DNA の 2 本鎖をほどく酵素）、DNA リガーゼ（DNA の断片どうしをつなぎ合わせる酵素）などが関係する。

よって 7—③となる。

問 2～5

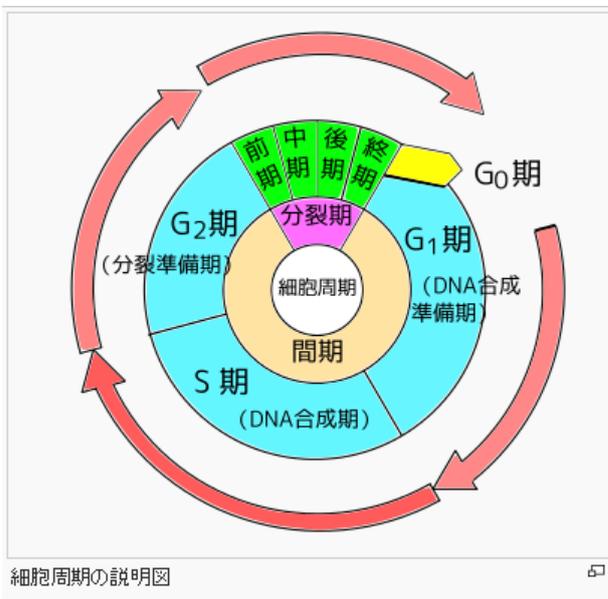
〈細胞分裂〉

原核生物では無糸分裂が行われるが、真核生物では通常、有糸分裂が行われる。有糸分裂には、体細胞分裂と減数分裂の 2 種類があり、減数分裂では相同染色体どうしが対合した、二価染色体となる。

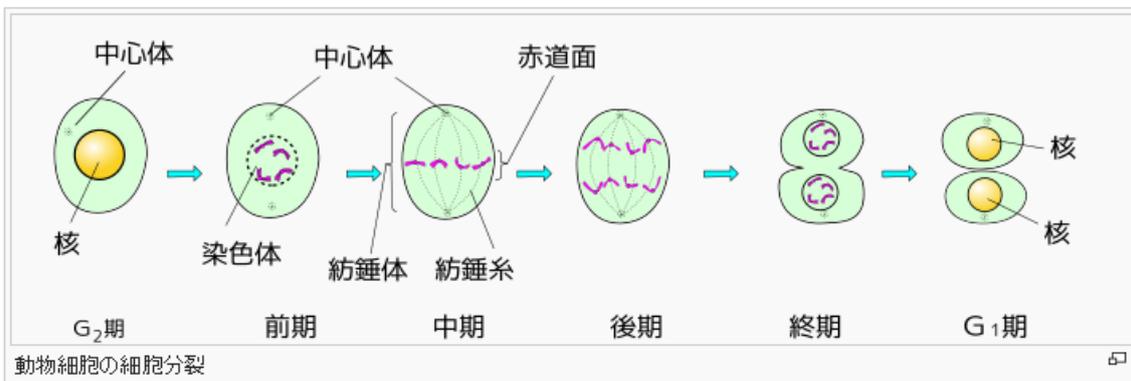
〈細胞周期〉

分裂が終了してから次の分裂が終了するまでを細胞周期という。

細胞周期は、核分裂が行われる分裂期（M 期）と、分裂と分裂の間の間期からなる。分裂期は前期、中期、後期、終期の 4 段階に、間期は DNA 合成準備期（G1 期）、DNA 合成期（S 期）、分裂準備期（G2 期）の 3 段階に分けられる。



https://ja.wikibooks.org/wiki/%E9%AB%98%E7%AD%89%E5%AD%A6%E6%A0%A1%E7%94%9F%E7%89%A9_%E7%94%9F%E7%89%A9%E2%80%90%E7%B4%B0%E8%83%9E



https://ja.wikibooks.org/wiki/%E9%AB%98%E7%AD%89%E5%AD%A6%E6%A0%A1%E7%94%9F%E7%89%A9_%E7%94%9F%E7%89%A9%E2%80%90%E7%B4%B0%E8%83%9E

・間期

S 期に DNA が合成 (複製) されて、DNA 量は 2 倍になる。間期では、染色体は細くほどけた状態で存在し、顕微鏡の下では観察されない。

・前期

分裂期の第 1 段階での前期では、間期で観察されていた核膜や rRNA の合成が行われる核小体が消失し観察されなくなる。次に、間期では細くほどけているため観察されなかった染色体が太く凝縮し、観察されるようになる。生じた染色体はそれぞれ縦裂した状態になる。このときの細い片割れを染色分体という。すなわち、2 本の染色分体がつながった状態で 1 本の染色体になる。

・中期

中期には、紡錘系からなる紡錘体が完成し、染色体が紡錘体の赤道面に並ぶ。各染色体の動原体には、紡錘系が付着している。やがて、染色体が並んだ紡錘系の赤道面に仕切りが形成される。

・後期

後期には、紡錘糸の働きで各染色体が縦裂面から分離し、両極に移動する。その結果、両極には母細胞と同じ数の染色体をもつ娘細胞ができる。

紡錘糸は微小管から構成されているが、微小管はチューブリンという粒状のタンパク質からできている。チューブリンが次々に結合していくと微小管が伸び、チューブリンが次々に解離していくと微小管が短縮する。

・終期

終期になると、消失していた核膜や核小体が出現し、紡錘糸や星状体が消失して、染色体は再び細い状態に戻る。すなわち、前期で起こっていた逆の現象が起こる。さらに、細胞質分裂が行われ、新しい細胞に二分される。

このとき、動物細胞では、細胞膜が外側からくびれて細胞質分裂が行われる。動物細胞で、細胞膜がくびれて細胞質分裂を行う際には、アクチンフィラメントやミオシンフィラメントが関与する。これらのフィラメントが紡錘糸の赤道面に並び、収縮環という構造を形成する。この収縮環が収縮することで、細胞膜がくびれこみ、細胞質が分裂する。

下線部より問 2. 8—③, 問 3. 9—②となる。

前期、中期、後期の記述から、問 4. 10—⑤ 11—② 12—⑥となる。

間期の記述から問 6. 14—⑤となる。

〈卵割〉

受精卵から始まる体細胞分裂を卵割という。卵割によって生じた娘細胞を割球という。卵割では割球が成長しないまま次の分裂が行われる。その結果生じる娘細胞の大きさは、分裂するごとに小さくなる。よって、問 5. 13—⑤となる。

3

【解答】

問 1. 15—① 問 2. 16—④ 問 3. 17—③ 問 4. 18—④ 19—⑥

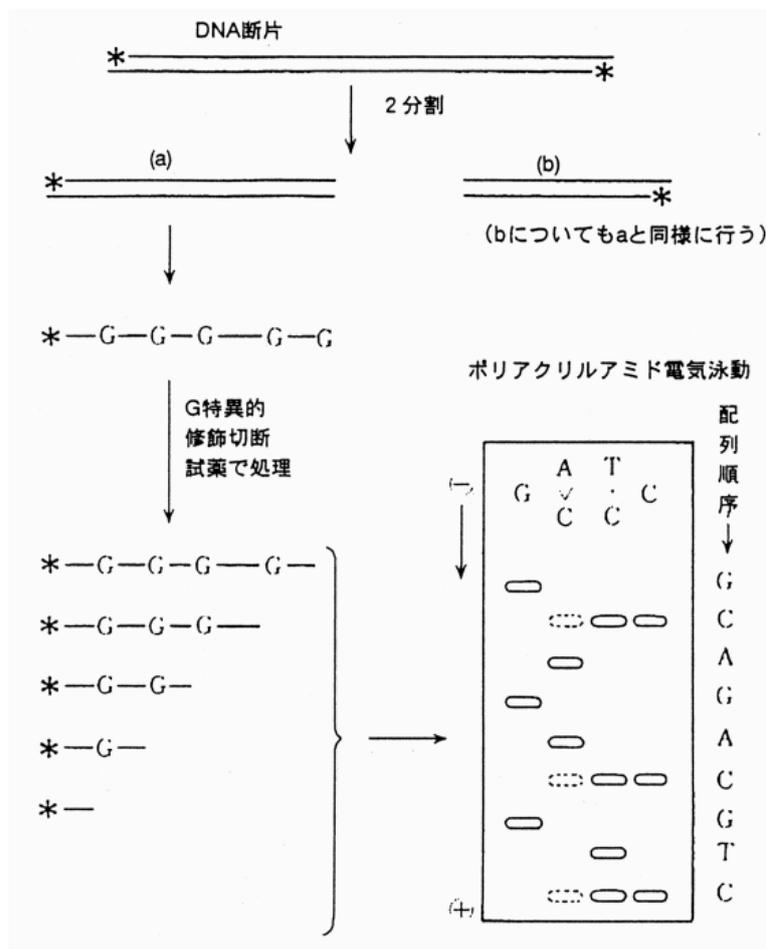
問 5. 20—① 21—③ 問 6. 22—③ 問 7. 23—④

【解説】

マクサム・ギルバート法

DNA の塩基配列を決定する方法の 1 つで、マクサムとギルバードによって開発されたので、マクサム・ギルバード法とよばれる。たとえば、ATGCT という塩基配列をもつ DNA を用いて実験すると次ようになる。

マクサム・ギルバート法の概念図



https://www.jpo.go.jp/shiryous/s_sonota/hyoujun_gijutsu/kakusan/0061.html

手順 1

塩基配列を調べたい 1 本鎖 DNA を複数用い、それぞれの一端を標識する。

ATGCT ⇒ *ATGCT

手順 2

DNA を 4 つの試験管に分ける。

手順 3

それぞれの試験管に T か C で切断する試薬（アとする）、C で切断する試薬（イとする）、G か A で切断する試薬（ウとする）、G で切断する試薬（エとする）を加えて DNA を切断する。

試薬アで切断すると、*A, TGCT, *ATG, CT, *ATGC, T という 6 種類の断片ができる。

試薬イで切断すると、*ATG, CT の 2 種類の断片ができる。

試薬ウで切断すると、*AT, GCT, *, ATGCT の 4 種類の断片ができる。

試薬エで切断すると、*AT, GCT の 2 種類の断片ができる。

手順 4

それぞれの試薬で切断した DNA 断片をゲル電気泳動で分離する。

手順 5

検出されるのは標識された*の部分だけなので、標識された部分だけが検出される。

手順 6

このバンドを正（+）極側から順に読むと塩基配列がわかる。

問1 DNA は高温で熱処理することで、二重らせんがほどけ、1 本鎖になる。

よって 15—①となる。

問2 分子量が最も大きく、全ての試験管で観察されるため、試薬で切断されなかった DNA 鎖だと判断できる。よって 16—④となる。

問3 試薬で切断されなかった DNA 鎖以外に 25 個のバンドが検出されている。

よって 17—③となる。

翻訳の進行過程において、伝令 RNA の隣り合った 3 つの塩基が 1 組となって 1 つのアミノ酸に対応する。このような 3 つで 1 組となる塩基（3 つ組塩基）をトリプレットといい、特に伝令 RNA のトリプレットをコドンという。このコドンに相補的な運搬 RNA のトリプレットをアンチコドンという。

コドンとアンチコドンの塩基の対応は次のとおり。

アデニン (A) ⇔ ウラシル (U) グアニン (G) ⇔ シトシン (C)

翻訳は、伝令 RNA の開始コドン (AUG) から始まる。終止 (終了・停止) コドン (UAA, UAG, UGA) まで来ると、リボソームが伝令 RNA から離れ、翻訳は終了する。

問4 開始コドンはメチオニンに対応している。終止コドンには対応するアミノ酸がない。

よって 18—④ 19—⑥となる。

問5 分子量が小さいほうから順番に塩基が配列されることに着目する。

それぞれで標識された際に検出される塩基は次の表のようになる。

標識	G	C	AかG	CかT
塩基	G	C	A	T

よって1本鎖DNAの塩基配列および相補鎖のDNAは以下のようになる。

G	A	C	A	T	G	C	T	A	G	T	C	C	A
C	T	G	T	A	C	G	A	T	C	A	G	G	T

よって20—① 21—③となる。

問6

相補的なDNA鎖から合成されたmRNAの塩基配列は1本鎖DNAの塩基配列TをUに変換したものになる。

GACATGCTAGTCCAGTCCACCTAAC ⇒ GACAUGCCUAGUCCAGUCCACCUAAC

よって開始コドンと終止コドンの間に、15個の塩基が存在する。 $15 \div 3 = 5$ で5個のアミノ酸に対応していることがわかる。よって22—③となる。

問7

終止コドンの一つ前のコドンはACCであり、このコドン相補的な運搬RNAのアンチコドンは塩基の向きが逆になるので、GGUとなる。よって23—④となる。

よって問 1. 24—② 25—⑧ 問 2. 26—②となる。

問 3

<興奮の電動>

軸索の途中の部分に対して閾値以上の刺激を与えると、興奮が生じる。このとき、細胞内では局所的な電流が興奮部から隣接する静止部へと流れる。この電流を活動電流という。活動電流によって隣接する静止部で新たな興奮が生じ、またそこから活動電流が流れる。このように、興奮が刺激部位から両方向に向かって細胞膜上を伝わっていくことを伝道という。

<興奮の伝達>

ニューロンとニューロンの接続部をシナプス、ニューロンと筋肉の接続部を神経筋接合部という。シナプスが神経筋接合部で、ニューロンの軸索末端から次のニューロンの樹状突起や筋繊維へと興奮を伝えることを伝達という。伝達は、軸索末端のシナプス小胞に含まれる神経伝達物質（伝達物質）がシナプス間隙へと分泌され、これが次の細胞に受容されることによって起こる。神経伝達物質の受容体は、イオンチャネルとしての機能をもつ膜タンパク質で、神経伝達物質を受容することによりチャネルが開き、次の細胞での興奮の発生を調節する。

伝道より伝達のほうが速度は遅い。よって 28—①となる。

問 4

脊椎動物がもつ有髄神経繊維には髄鞘が存在しているが、約 1mm 間隔でランビエ絞輪があり、ニューロンの細胞膜が露出している。髄鞘の部分はシュワン細胞が何重にも巻きついているため絶縁性が高く、活動電流は興奮しているランビエ絞輪の部分から次のランビエ絞輪へと流れる。興奮がランビエ絞輪からランビエ絞輪へと跳躍するように伝道することから、有髄神経繊維の伝道は、跳躍伝道とよばれる。

有髄神経繊維は跳躍伝道をするため、同じ太さの無髄神経繊維より伝道速度がはるかに大きくなる。よって 29—②となる。

【解答】

問 1. 30—⑤ 問 2. 31—① 32—⑤ 問 3. 33—① 問 4. 34—① 問 5. 35—③
 問 6. 36—② 問 7. 37—⑥ 問 8. 36・39—②・⑤

【解説】

<地質時代>

地球に地殻が形成されてから現在までの期間を地質時代という。地質時代は地球が誕生した約 46 億年前から 5.4 億年前までの先カンブリア時代、5.4 億年前から 2.45 億年前までの古生代、2.45 億年前から 0.65 億年前までの中生代、0.65 億年前から現在までの新生代に分けられる。

古生代はさらに、カンブリア紀、オルドビス紀、シルル紀、デボン紀、石炭紀、二畳紀（ペルム紀）の 6 つの紀に、中生代は三畳紀（トリアス紀）、ジュラ紀、白亜紀の 3 つの紀に、新生代は第三紀と第四紀の 2 つに分けられる。

問 1

現在の二酸化炭素濃度は、0.04%程度である。よって 30—⑤となる。

問 2～5

P1 の二酸化炭素濃度の上昇は、先カンブリア時代と古生代の中の火山活動が原因と考えられる。P2 の酸素濃度上昇と、二酸化炭素濃度の減少は、シルル紀に出現したシダ植物が、石炭紀に大型の木生シダ（リンボク、ロボク、フウインボク）となり、大森林を形成したことが要因と考えられる。

よって問 2. 31—① 32—⑤ 問 3. 33—① 問 4. 34—① 問 5. 35—③となる。

問 6～8

<シダ植物の生活環>

シダ植物の前葉体はハート型で、大きさは 1cm 以下、維管束をもたず葉状体と仮根からなる。前葉体の細胞にも葉緑体はあり、光合成を行うことはできる。

<裸子植物の生活環>

種子植物では孢子は形成されないが、減数分裂の結果生じた花粉四分子や胚のう細胞が孢子に相当する細胞と考えられる。したがって、孢子に相当する花粉四分子や胚のう細胞が体細胞に分裂して生じた、成熟した花粉や胚のうは配偶体に相当する。

よって問 6. 36—② 問 7. 37—⑥ 問 8. 36・39—②・⑤となる。