

前期

理科問題

生 物

1 体細胞分裂に関する以下の間に答えよ。

問 1 次の文章を読み、(1)~(4)に答えよ。

増殖している体細胞の細胞周期は四つの時期、すなわち、DNA合成準備期(G_1 期)、DNA合成期(S期)、分裂準備期(G_2 期)、および分裂期(M期)から構成されている。体細胞が細胞周期をくり返すたびに細胞数は倍加していく。細胞周期全体の長さ L は、次のように表わされる。

$$L = (G_1 \text{ 期の長さ}) + (S \text{ 期の長さ}) + (G_2 \text{ 期の長さ}) + (M \text{ 期の長さ})$$

細胞周期全体の長さ、およびそれぞれの時期の長さを求めるために、マウス由来の培養されている体細胞(以下、培養細胞と呼ぶ)の集団を用いて次に述べる[実験1]と[実験2]を行った。なお、これらの細胞集団は非同調的に培養されている。すなわち、ある細胞がある時刻に細胞周期のどの時期にあるかは、他の細胞とは無関係である。ただし、細胞周期のそれぞれの時期の長さは、どの細胞でもほとんど同じとし、M期の長さは1時間とする。

[実験1] 培養細胞の細胞周期全体の長さを求めるために、同じ容量の培養液に含まれる細胞の数を一定時間ごとに数えた。図1は、培養細胞の数が時間とともにどのように増加するかを示したものである。

[実験2] M期以外の時期の長さを推定するために、標識されたチミンを含むヌクレオチド(以下、このヌクレオチドを標識物質と呼ぶ)を培養細胞のDNAに取り込ませることにした。

培養細胞の培養中にこの標識物質を添加してそのまま培養を続けた。添加後、一定時間ごとにほぼ同数の細胞を取り、スライドグラス上で固定・染色して顕微鏡標本をつくって、M期にある細胞の数を数えた。さらに、このM期の細胞の中で核内のDNAが標識されている細胞(以下、標識細胞と呼ぶ)の数を数え、M期の細胞全体に対する標識細胞の割合を計算した。図2は、この割合が時間とともにどのように変化するかを示したものである。

次に、一つ一つの標識細胞について標識物質の量を測定し、標識細胞1個あたりの平均値(以下、標識物質平均取り込み量と呼ぶ)を計算した。図3は、この値が時間とともにどのように変化するかを示したものである。

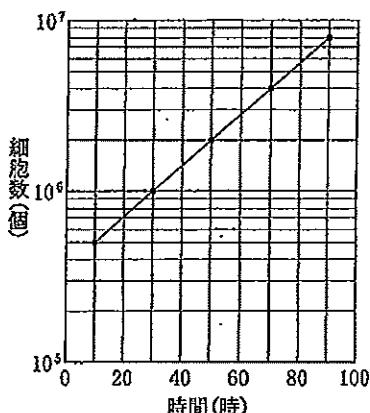


図1 培養時間の経過とともに細胞数の増加

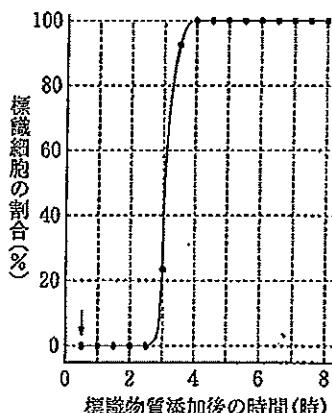


図2 標識細胞の割合の時間経過(0時に標識物質を添加)

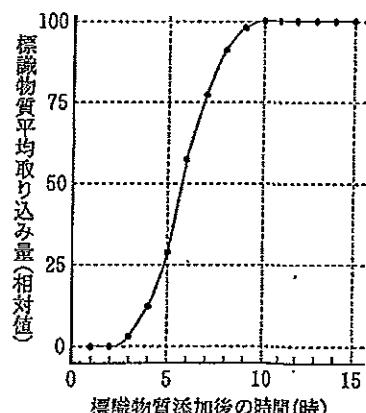


図3 標識物質平均取り込み量の時間経過(0時に標識物質を添加)

- (1) 図1から、細胞周期全体の長さは 時間である。 には十の位を、 には一の位をマークせよ。小数点以下がある場合は、切り捨てよ。該当する位がない場合には①をマークせよ。

(2) 図2を用いて次の間に答えよ。

(i) 図2の0.5時の時点(↓で示している)で分裂している細胞にあてはまるものを、次の①～⑤のうちから三つ選べ。

該当する番号をすべてマークせよ。 3

- ① 標識物質が添加された時、G₁期にあった可能性がある。
- ② 標識物質が添加された時、G₂期にあった可能性がある。
- ③ 標識物質が添加された時、M期にあった可能性がある。
- ④ 図2の1.0時の時点で分裂している可能性がある。
- ⑤ 図2の3.0時の時点で分裂している可能性がある。

(ii) 図2から細胞周期の特定の時期の長さを推定できる。次の間に答えよ。

1) この特定の時期はどの時期か。次の①～③のうちから一つ選べ。 4

- ① G₁期の長さ
- ② S期の長さ
- ③ G₂期の長さ

2) その時期の長さは次のどれに最も近いか。次の①～⑤のうちから一つ選べ。 5

- ① 1時間
- ② 2時間
- ③ 3時間
- ④ 4時間
- ⑤ 5時間

(3) 図3から 4 とは別の時期の長さを推定できる。次の間に答えよ。

(i) この特定の時期はどの時期か。次の①～③のうちから一つ選べ。 6

- ① G₁期の長さ
- ② S期の長さ
- ③ G₂期の長さ

(ii) その時期の長さは次のどれに最も近いか。次の①～⑥のうちから一つ選べ。 7

- ① 3時間
- ② 5時間
- ③ 7時間
- ④ 9時間
- ⑤ 11時間

(iii) G₁期の終りに標識物質が添加された細胞のM期における標識物質平均取り込み量に最も近いものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、単位は図3の縦軸の単位である。 8

- ① 0
- ② 25
- ③ 50
- ④ 75
- ⑤ 100

(4) 図1～図3のデータを用いると、 4 と 6 以外の時期の長さを推定できる。次の間に答えよ。

(i) どの時期の長さが求められるか。次の①～③のうちから一つ選べ。 9

- ① G₁期の長さ
- ② S期の長さ
- ③ G₂期の長さ

(ii) この時期の長さは 10 11 時間である。 10 には十の位を、 11 には一の位をマークせよ。小数点以下がある場合は、切り捨てよ。該当する位がない場合には⑩をマークせよ。

問2 細胞周期やそれを構成している時期の長さは培養細胞のものとは異なるのが普通である。マウスの肝臓を切り出して顕微鏡標本を作成し、観察した。その結果、分裂している細胞は観察した27000個の細胞のうち3個であった。M期の長さは1時間とし、肝細胞はすべて増殖しているとすると、細胞周期全体の長さは

12 13 14 日である。 12 には百の位を、 13 には十の位を、 14 には一の位をマークせよ。小数点以下がある場合は、切り捨てよ。該当する位がない場合には⑩をマークせよ。

問3 動物の体細胞におけるM期の中間にあてはまるものを次の①～⑦のうちからすべて選べ。該当する番号をすべてマークせよ。 15

- ① 核膜が消失はじめる。
- ② 核小体が消失はじめる。
- ③ 細胞質の分裂が起こりはじめる。
- ④ 紺糸糸が動原体に付着している。
- ⑤ 相同染色体どうしが対合はじめる。
- ⑥ 凝縮した染色体が赤道面に並んでいる。
- ⑦ 中心体は二つに分かれ、それぞれが両極に移動はじめる。

2. 糖尿病に関する次の文章を読み、以下の間に答えよ。

糖尿病は、血糖値が異常に高い状態になり、尿に糖が出てくる病気である。この病気の患者は、多尿、多飲が特徴で、やがて全身が衰弱して死に至る恐ろしい病気として、古代から知られていた。しかし、この病気の原因解明の手がかりが得られたのは、1889年にドイツのミンコフスキーとメーリンが、イスのすい臓を摘出すると重い糖尿病になることを発見した時であった。

これ以後、血糖値を下げて糖尿病を緩和する物質をすい臓から取り出す試みが、多くの研究者によって行われたが、失敗の連続であった。1921年に、カナダのバンティングとペストが、はじめて物質の抽出に成功した。彼らは、イスのすい臓を低温ですりつぶして抽出することで、有効な物質の入った抽出液を取り出すことができた。この抽出液を、あらかじめすい臓を摘出して糖尿病の症状を示していたイスに注射すると、短時間のうちに血糖値は低下した。この抽出液に含まれる物質はインスリンと名付けられた。さらに、酸性の液を用いると、より効果的にインスリンが抽出されることがわかった。こうしてウシやブタのすい臓から精製されたインスリンは、全世界で糖尿病治療に用いられるようになった。

やがて、インスリンはすい臓の 16 の 17 細胞から分泌されるタンパク質でできたホルモンであることが明らかになった。また一方で、同じすい臓の 16 の 18 細胞からは、逆に血糖値を上げるホルモンが分泌されることも明らかにされた。

インスリン分子の構造は、1956年にイギリスのサンガーによって決定された。これは、タンパク質の構造決定の最初の例でもあった。その構造は、2本の 19 が2カ所の 20 で結合したものであった。構造が判明したことにより、やがてインスリンの人工的な合成も行われた。

さらに、インスリンの働きも解明された。インスリンは、細胞膜にある 21 と結合することにより細胞内の酵素群を活性化し、多くの細胞で血液から細胞内への 22 の取り込みと消費が促進される。また 23においては貯蔵物質として 24 の合成が促進される。

インスリンをコードする遺伝子は1979年に同定された。すぐに 25 技術により、大腸菌などからヒトのインスリンが大量かつ安価に作られるようになり、糖尿病の治療に用いられるようになった。糖尿病の原因の一つに、インスリン産生細胞が障害を受けて働かなくなることがあるが、将来は、26 細胞から作り出されたインスリンを分泌できる細胞を移植することで、こうした糖尿病の治療も可能になると期待されている。

問1 文章中の 16 ~ 26 に入る最も適切な語を次の語群1の①~⑩のうちから一つ選べ。同じ解答番号には同じ語が入るものとする。2桁の番号をマークする場合は、十の位と一の位と同じ解答番号にマークせよ(例えば⑩は①と⑩をマークする)。ただし①、②、⑩はない。

語群1

- | | | | | |
|------------|----------|---------|----------|-------------|
| ① A | ② B | ③ C | ④ D | ⑤ DNA |
| ⑥ ES | ⑦ RNA | ⑧ S-S結合 | ⑨ 遺伝子組換え | ⑩ 核移植 |
| ⑪ 肝臓 | ⑫ グリコーゲン | ⑬ グルコース | ⑭ クローン | ⑮ 細胞融合 |
| ⑯ 脂肪組織 | ⑰ 受容体 | ⑯ 腎臓 | ⑱ 錠質 | ⑲ トランスジェニック |
| ⑭ チャネル | ⑯ デンプン | ⑯ 皮質 | ⑰ ベブチド結合 | ⑲ ポリペプチド |
| ⑩ ランゲルハンス島 | | | | |

問2 下線部アおよびイについて、これらの処理が成功に結びついた理由として最も適切なものを次の①~⑥のうちからそれぞれ一つ選び、アについてでは 27 に、イについては 28 にマークせよ。

- ① インスリンは低温で安定であるから。
- ② インスリンは酸性の環境でよく働くから。
- ③ インスリンはアルカリ性の環境でよく働くから。
- ④ すい臓の消化酵素は低温だとよく働くから。
- ⑤ すい臓の消化酵素は酸性の環境でよく働くから。
- ⑥ すい臓の消化酵素はアルカリ性の環境でよく働くから。

問3 下線部のホルモンはどれか。次の語群2の①～⑦のうちから一つ選び [29] にマークせよ。また、このホルモン以外で、血糖値を上昇させるホルモンをすべて選び、[30] にすべてマークせよ。

語群2

- | | | | |
|----------|------------|------------|----------|
| ① 成長ホルモン | ② パソブレシン | ③ グルカゴン | ④ バラトルモン |
| ⑤ アドレナリン | ⑥ 糖質コルチコイド | ⑦ 鉱質コルチコイド | |

[3] 選択肢のうちから最も適切なものを一つ選べ。

問1 原核生物に存在するものはどれか。 [31]

- ① ミトコンドリア ② 葉緑体 ③ ゴルジ体 ④ 核膜 ⑤ DNA

問2 ヒトで副交感神経が分布していない部位はどれか。 [32]

- ① 立毛筋 ② 胃 ③ 眼 ④ 気管支 ⑤ ぼうこう

問3 ヒトの心臓に分布する副交感神経が出る部位はどれか。 [33]

- ① 大脳 ② 中脳 ③ 小脳 ④ 間脳 ⑤ 延髄

問4 聴細胞が存在する部位はどれか。 [34]

- ① 鼓膜 ② コルチ器 ③ 耳小骨 ④ 前庭 ⑤ 半規管

問5 神經細胞について正しいものはどれか。 [35]

- ① 樹状突起は他の神經細胞からの信号を受ける部位である。
② 静止電位は細胞内が細胞外に対してプラスである。
③ 活動電位の大きさは刺激の強さにはほぼ比例する。
④ 活動電位の発生ひん度は刺激の強さに関係がない。
⑤ 活動電位が軸索を伝わることを興奮の伝達という。

問6 クエン酸回路の酵素が存在するのはどこか。 [36]

- ① 細胞質基質 ② ミトコンドリア外膜 ③ ミトコンドリアの外膜と内膜の間
④ ミトコンドリア内膜 ⑤ ミトコンドリアのマトリックス

問7 血液凝固に関係しないものはどれか。 [37]

- ① 血小板 ② マクロファージ ③ カルシウムイオン ④ トロンビン ⑤ フィブリントロンビン

問8 種子が丸形で子葉が黄色のエンドウ(遺伝子型AaBb)と種子が丸形で子葉が緑色のエンドウ(遺伝子型Aabb)を交配した。種子の形は丸形がしわ形に対して優性で対立遺伝子はAとaとする。子葉の色は黄色が緑色に対して優性で対立遺伝子はBとbとする。交配で得られる次世代のうち種子が丸形で子葉が黄色のエンドウの割合はどれか。最も近いものを選べ。2桁の番号をマークする場合は、十の位と一の位を同じ解答番号にマークせよ(例えば⑩は①と⑩をマークする)。ただし⑪はない。 [38]

- ① 1/16 ② 2/16 ③ 3/16 ④ 4/16 ⑤ 5/16 ⑥ 6/16 ⑦ 7/16 ⑧ 8/16
⑨ 9/16 ⑩ 10/16 ⑪ 11/16 ⑫ 12/16 ⑬ 13/16 ⑭ 14/16 ⑮ 15/16 ⑯ 16/16

問9 体腔をもたない動物はどれか。 [39]

- ① イカ ② カイチュウ ③ クラゲ ④ ゴカイ ⑤ サナダムシ

問10 一次遷移によって火山大地に生じる極相林の主たる植物はどれか。 [40]

- ① コケ植物 ② 多年生草本 ③ 陽樹 ④ 陰樹 ⑤ 陰樹と陽樹

4 選択肢のうちから適切なものを二つ選べ。該当する番号をすべてマークせよ。

問 1 結合組織に分類されるものはどれか。 41

- ① 平滑筋 ② 膝 ③ つめ ④ 汗腺 ⑤ 血液

問 2 側板から分化するものはどれか。 42

- ① 骨 ② 骨格筋 ③ 心筋 ④ 脊髄 ⑤ 平滑筋

問 3 球体でろ過されない物質はどれか。 43

- ① カルシウム ② グルコース ③ クレアチニン ④ 脂肪 ⑤ タンパク質

問 4 植物ホルモンとその働きの組合せで誤っているものはどれか。 44

- ① アブシン酸 —— 気孔を開く。
② エチレン —— 果実の成熟を促進する。
③ オーキシン —— 離層の形成を促進する。
④ ジベレリン —— 細胞分裂を促進する。
⑤ フロリゲン —— 花芽の形成を促進する。

問 5 光合成速度について正しいものはどれか。 45

- ① 光飽和点は温度によって変化しない。
② 光飽和点は二酸化炭素濃度によって変化しない。
③ 陰生植物の捕獲点は陽生植物よりも低い。
④ 陽性植物の光飽和点は陰生植物よりも高い。
⑤ 陰葉でも陽葉でも光合成速度は同一である。

問 6 グルコース 1 分子が好気呼吸により分解されるときに正しいものはどれか。 46

- ① 解糖系では 2 分子の ATP が消費される。
② 解糖系では 2 個の [H] が生じる。
③ ピルビン酸から始まるクエン酸回路では 3 分子の二酸化炭素が生じる。
④ ピルビン酸から始まるクエン酸回路では 10 個の [H] が生じる。
⑤ 電子伝達系では 12 分子の水が生じる。

問 7 植物とその生活形について正しいものはどれか。 47

- ① サクラは地表植物である。
② ユリは地中植物である。
③ タンポポは地上植物である。
④ イネは一年生植物である。
⑤ スイレンは半地中植物である。

問 8 生物の進化の過程で妥当と考えられているものはどれか。 48

- ① 真核生物は原核生物よりも前に出現した。
② 遺伝情報を RNA として保持する生物が、遺伝情報を DNA として保持する生物よりも前に出現した。
③ 好気性細菌の細胞内に共生した嫌気性細菌が、ミトコンドリアの祖先となった。
④ カンブリア紀には生物の種類が減少した。
⑤ 魚類のあごは、祖先ではえらを支えていた骨が変化してできた。

5 選択肢のうちから適切なものをすべて選べ。該当する番号をすべてマークせよ。

問 1 ヒトの循環について正しいものはどれか。 49

- ① 肺動脈中の血液の酸素ヘモグロビンの割合は 90 % 以上である。
- ② 静脈には弁が見られる。
- ③ 大静脈の血圧は血管の中で最も低い。
- ④ 心臓は 2 心房 2 心室である。
- ⑤ 心臓のベースメーカーは左心房にある。

問 2 被子植物の組織について正しいものはどれか。 50

- ① 師管は光合成産物を運ぶ。
- ② 道管は死んだ細胞の連なりで形成される。
- ③ 双子葉類では木部は師部の外側に位置する。
- ④ 孔辺細胞には葉緑体がある。
- ⑤ 横状組織は表皮系に含まれる。

問 3 動物の浸透圧調節について正しいものはどれか。 51

- ① 淡水生のゾウリムシの細胞内の浸透圧は外液の浸透圧の変化にともなって変動する。
- ② 外洋に生活するカニは浸透圧を調節する能力をもたない。
- ③ サメなどの軟骨魚類の体液の浸透圧調節にアンモニアが使われる。
- ④ 淡水生の硬骨魚は塩類濃度の薄い尿を多量に排出する。
- ⑤ ヒトの血液の浸透圧は腎臓で調節されている。

問 4 光合成における光化学反応について正しいものはどれか。 52

- ① 光化学系はチラコイド膜と葉緑体内膜にある。
- ② 光化学系 I と光化学系 II に光エネルギーが吸収されると還元型捕獲素が生じる。
- ③ 光化学系 I に光エネルギーが吸収されると活性化された電子は光化学系 II に流れる。
- ④ 光化学系 II に光エネルギーが吸収されると水が分解される。
- ⑤ ATP 合成酵素に光エネルギーが吸収されると ATP が生産される。

問 5 免疫について正しいものはどれか。 53

- ① T 細胞は胸腺で成熟する。
- ② 抗体分子は可変部で抗原と結合する。
- ③ 移植片の拒絶反応は T 細胞の攻撃により起きる。
- ④ ウィルス感染の際には細胞性免疫は働かない。
- ⑤ HIV ウィルスは B 細胞に侵入する。

問 6 キヨク皮動物はどれか。 54

- ① ヒトデ
- ② ウニ
- ③ クラゲ
- ④ ナマコ
- ⑤ イソギンチャク

問 7 日本でみられる植物群系はどれか。 55

- ① 亜熱帯多雨林
- ② サバンナ
- ③ 照葉樹林
- ④ 針葉樹林
- ⑤ ツンドラ