

令和6年度 入学者選抜試験問題

一般選抜 令和6年1月22日

理 科 (120分)

I 注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子は96ページあります。各科目の出題ページは下記のとおりです。
 物理 4～30ページ
 化学 32～55ページ
 生物 56～90ページ
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督員に知らせなさい。
- 4 解答用紙は2枚配付されます。解答用紙には解答欄以外に次の記入欄があるので、その説明と解答用紙の「記入上の注意」を読み、それぞれ正しく記入し、マークしなさい。
 - ① 受験番号欄
 受験番号を記入し、さらにその下のマーク欄にマークしなさい。正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。
 - ② 氏名欄
 氏名・フリガナを記入しなさい。
 - ③ 解答科目欄
 解答する科目を一つ選び、科目の下の○にマークしなさい。マークされていない場合または複数の科目にマークされている場合は、0点となります。
- 5 試験開始後30分間および試験終了前5分間は退出できません。
- 6 この表紙の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。この問題冊子は試験終了後回収します。

II 解答上の注意

- 1 解答はすべて解答用紙の所定の欄へのマークによって行います。たとえば、大問①の③と表示のある問いに対して②と解答する場合は、次の〈例〉のように解答番号3の解答欄の②をマークします。

〈例〉

1	解 答 欄									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
3	①	●	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

受 験 番 号				

生 物

1 細胞とタンパク質に関する次の文（A～C）を読み、下の問1～7に答えなさい。

〔解答番号 ～ 〕

A 細胞膜は、主にリン脂質とタンパク質から構成されている。リン脂質分子は の部分を膜の内側に向けた二重層を形成しており、この脂質二重層にタンパク質が埋め込まれている。細胞膜の厚さは約 nm である。

細胞膜に存在するタンパク質には、膜の内外に物質を輸送する機能をもつものがある。細胞膜を通過しにくいイオンや水、グルコースなどはこのような輸送タンパク質を介して輸送される。輸送タンパク質は特定の物質のみと結合するため、細胞膜は を示す。 などの一部のホルモンは細胞膜を通過するため、これらに対する輸送タンパク質は存在しない。また、輸送タンパク質には、濃度勾配に逆らって物質を輸送するものと、濃度勾配に従って物質を輸送するものがある。濃度勾配に逆らった輸送は という。

一方、高分子の物質であるタンパク質は、細胞膜の一部が陥入してタンパク質を含む小胞になることで細胞内に吸収される。また、細胞内の タンパク質を含む小胞 が細胞膜と融合して開口することでタンパク質が細胞外に放出（分泌）される。小胞が細胞膜と融合して開口することを という。

問1 文中の ア ～ ウ にあてはまる語句や数値の組合せとして最も適切なものはどれか。次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 1

	ア	イ	ウ
①	親水性	5～10	基質特異性
②	親水性	5～10	選択的透過性
③	親水性	50～100	基質特異性
④	親水性	50～100	選択的透過性
⑤	疎水性	5～10	基質特異性
⑥	疎水性	5～10	選択的透過性
⑦	疎水性	50～100	基質特異性
⑧	疎水性	50～100	選択的透過性

問2 文中の エ ～ カ にあてはまる語句の組合せとして最も適切なものはどれか。次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 2

	エ	オ	カ
①	アドレナリン	受動輸送	エキソサイトーシス
②	アドレナリン	受動輸送	エンドサイトーシス
③	アドレナリン	能動輸送	エキソサイトーシス
④	アドレナリン	能動輸送	エンドサイトーシス
⑤	糖質コルチコイド	受動輸送	エキソサイトーシス
⑥	糖質コルチコイド	受動輸送	エンドサイトーシス
⑦	糖質コルチコイド	能動輸送	エキソサイトーシス
⑧	糖質コルチコイド	能動輸送	エンドサイトーシス

問3 輸送タンパク質に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 3

- ① アセチルコリンによってシナプス後細胞のリガンド依存性イオンチャネルが開き、シナプス後細胞に塩化物イオン (Cl^-) が流入する。
- ② K^+ チャネルは、カリウムイオン (K^+) を濃度勾配に逆らって輸送する。
- ③ 筋細胞の筋小胞体に存在する Na^+ チャネルは、筋細胞に刺激が与えられると開く。
- ④ グルコース輸送体は、グルコースと結合すると立体構造が変化し、これによってグルコースを通過させる。
- ⑤ ナトリウム-カリウム ATP アーゼが ATP と反応する部位は、細胞外に存在している。
- ⑥ バソプレシンによって腎臓の集合管の上皮細胞でのアクアポリンの発現が抑制される。

問4 下線部に関して、タンパク質が細胞内で合成されて放出（分泌）されるまでの過程を説明した記述として誤っているものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 4

- ① ゴルジ体から生じた小胞によってタンパク質が細胞膜まで輸送される。
- ② 小胞体上のリボソームで合成されたタンパク質は小胞体内に取り込まれる。
- ③ 小胞は細胞骨格のうち、中間径フィラメントに沿って移動する。
- ④ タンパク質はゴルジ体で糖が付加されるなどの処理を受ける。
- ⑤ タンパク質は mRNA の遺伝情報に基づいてリボソームで合成される。

B 細胞膜に存在するタンパク質には、細胞を隣接する細胞や、細胞外基質に接着させる機能をもつものもある。カドヘリンはカルシウムイオン (Ca^{2+}) の存在下で細胞どうしを接着させる細胞接着分子である。一方、インテグリンは細胞を細胞外基質と結合させる細胞接着分子である。

動物の組織にはさまざまな細胞接着がみられるが、体表面や消化管の内表面をおおう上皮細胞における細胞接着は、細胞膜の接着タンパク質と細胞内にある細胞骨格が連結し、組織に強度や弾力性を与える **キ**，隣接した細胞が中空のタンパク質によってつながり、低分子の物質やイオンを通過させる **ク**，膜を貫通する細胞接着分子により小さな分子も通れないほど強く結合する **ケ** の3つに分けられる。

問5 文中の **キ** ～ **ケ** にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 **5**

キ	ク	ケ
① ギャップ結合	固定結合	密着結合
② ギャップ結合	密着結合	固定結合
③ 固定結合	ギャップ結合	密着結合
④ 固定結合	密着結合	ギャップ結合
⑤ 密着結合	ギャップ結合	固定結合
⑥ 密着結合	固定結合	ギャップ結合

問6 文中の キ の細胞接着は、さらに接着結合、デスモソーム、ヘミデスモソームの3つに分けられる。これらを構成する細胞接着分子および細胞骨格の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

6

	細胞接着	細胞接着分子	細胞骨格
①	接着結合	インテグリン	アクチンフィラメント
②	接着結合	カドヘリン	中間径フィラメント
③	デスモソーム	インテグリン	アクチンフィラメント
④	デスモソーム	カドヘリン	中間径フィラメント
⑤	ヘミデスモソーム	インテグリン	アクチンフィラメント
⑥	ヘミデスモソーム	カドヘリン	中間径フィラメント

C 動物が小腸でグルコースを吸収するとき、グルコースは小腸の内腔側から小腸上皮細胞に取り込まれ、小腸上皮細胞の基底部側（血管のある側）から出て、血液中に移動する。このため、グルコースが小腸の内腔から血液中に移動するためには、小腸上皮細胞の細胞膜を2回通過しなければならない。このとき、グルコースは小腸上皮細胞の細胞膜（内腔側または基底部側）に存在する2種のグルコース輸送体を經由する。また、このグルコースの輸送には、小腸上皮細胞の細胞膜に存在するナトリウム-カリウム ATP アーゼが関与している。

グルコースの輸送のしくみを調べるために、ラットの小腸を用いて以下の実験を行った。

【実験1】 小腸上皮細胞の内腔側に、細胞外からグルコースと細胞内より高い濃度のナトリウムイオン (Na^+) を与えたところ、グルコースが小腸上皮細胞の基底部側の細胞外まで移動した。一方、小腸の内腔にグルコースのみを与えても、グルコースは小腸の内腔にとどまったままだった。

【実験2】 小腸上皮細胞の内腔側に、細胞外からグルコースと細胞内より高い濃度の Na^+ を与え、小腸上皮細胞の基底部側に、細胞外からナトリウム-カリウム ATP アーゼの活性を阻害する薬物 X を与えたところ、グルコースの輸送は阻害された。一方、薬物 X を小腸上皮細胞の内腔側に与えたところ、グルコースの輸送は阻害されなかった。なお、薬物 X は細胞膜を通過できない。

問7 次の文は実験1と実験2の結果から、グルコースの輸送のしくみを考察したものである。次の文中の ～ にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものはどれか。下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。

ナトリウム－カリウム ATP アーゼは、小腸上皮細胞の 側の細胞膜上に存在していると考えられる。また、小腸上皮細胞の内腔側の細胞膜に存在するグルコース輸送体を GT1、基底部側の細胞膜に存在するグルコース輸送体を GT2 とすると、 はナトリウム－カリウム ATP アーゼが形成した Na^+ の濃度勾配を駆動力として Na^+ とともにグルコースを輸送し、 は濃度勾配に従ってグルコースを輸送しており、これによってグルコースが小腸上皮細胞の内腔側から基底部側に移動すると考えられる。また、血液からグルコースを取り込む筋細胞や脂肪細胞などの細胞は血糖濃度が十分高いときのみグルコースを取り込むことから、 によってグルコースを細胞内に取り込んでいると考えられる。

	コ	サ	シ	ス
①	基底部	GT1	GT2	GT1
②	基底部	GT1	GT2	GT2
③	基底部	GT2	GT1	GT1
④	基底部	GT2	GT1	GT2
⑤	内腔	GT1	GT2	GT1
⑥	内腔	GT1	GT2	GT2
⑦	内腔	GT2	GT1	GT1
⑧	内腔	GT2	GT1	GT2

(下 書 き 用 紙)

生物の試験問題は次に続く。

2 遺伝情報の発現に関する次の文 (A・B) を読み、下の問 1～6 に答えなさい。

〔解答番号 ～ 〕

A 遺伝情報を担う _a DNA は 2 本のヌクレオチド鎖がらせん構造をとっている。

DNA が _b 複製されるときは、酵素によって二重らせんが解かれ、相補的な塩基が結合することによってヌクレオチド鎖が伸長する。

問 1 下線部 a に関して、DNA の構造に関する記述として誤っているものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

- ① A と T の塩基対間の水素結合の数は C と G の水素結合の数より少ない。
- ② DNA のヌクレオチド鎖には方向性があり、二重らせんを構成するヌクレオチド鎖は互いに逆平行となるように結合している。
- ③ DNA のヌクレオチド鎖の末端部であるテロメアは、複製のたびに長くなっていく。
- ④ DNA は結晶構造をとることができるため、X 線回折により構造が調べられた。
- ⑤ ヌクレオチドを構成する塩基の種類にかかわらず、二重らせん 1 回転に含まれるヌクレオチドの数は一定である。

問2 下線部 b に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選べなさい。

2

- ① 岡崎フラグメントは DNA リガーゼによって DNA 鎖と相補的に結合する。
- ② 岡崎フラグメントは後に分解されるため、複製された DNA 鎖には残らない。
- ③ DNA の二重らせんを開く酵素は DNA リガーゼである。
- ④ DNA 鎖のデオキシリボースと次のヌクレオチドのリン酸とを結合する酵素は、DNA ポリメラーゼである。
- ⑤ ラギング鎖が複製を開始するにはプライマーが必要であるが、リーディング鎖の複製の開始にはプライマーは必要ない。

問3 次の文章を読み、下の(1)～(3)の問いに答えなさい。

ワトソンとクリックの発表した DNA 二重らせんモデルに基づいて DNA の複製は半保存的に行われることが予想されていたが、初めて実験的にそれを証明したのはメセルソンとスタールである。以下にその実験の概要を述べる。

【実験】 窒素の非放射性同位体である ^{15}N のみを窒素源として大腸菌を長時間培養し、c 大腸菌内の窒素をほぼすべて ^{15}N に置き換えた。その後、d 細胞分裂直後の大腸菌を ^{14}N を含む培地に移し、分裂増殖させた。 ^{14}N を含む培地で分裂した直後の大腸菌から DNA を抽出し、塩化セシウム密度勾配遠心法により、その密度の違いに基づいて分離した。図 1 は、遠心分離後の遠心管を示したものである。

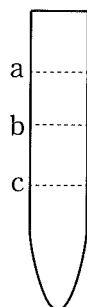


図 1

- (1) 下線部 c に関して, ^{15}N を含まない物質として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。なお, 次の①～⑥はすべて大腸菌に含まれている物質である。 3

- ① RNA ② ATP ③ グリコーゲン
④ DNA ⑤ リボソーム ⑥ ロイシン

- (2) 下線部 d のように細胞分裂直後の大腸菌を ^{14}N を含む培地に移し, 2 回分裂させた。2 回目の分裂直後に DNA を抽出し, 遠心分離を行った。遠心分離後の遠心管 (図 1) 中の分離された DNA の整数比 ($a:b:c$) として最も適当なものはどれか。次の①～⑨のうちからそれぞれ一つずつ選びなさい。ただし, 同じ選択肢を複数回選んでもよく, 数字は最も簡単な整数比にしないさい。なお, a, b, c のいずれかの位置に DNA が存在しない場合, その位置の DNA の比は 0 とする。

a 4, b 5, c 6

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 0

(3) (2)のように ^{14}N を含む培地中で細胞分裂直後の大腸菌を 2 回分裂させた後、 ^{15}N を含む培地に戻してさらに 1 回分裂させた。 ^{15}N を含む培地での分裂直後に DNA を抽出し、遠心分離を行った。遠心分離後の遠心管 (図 1) 中の分離された DNA の整数比 ($a:b:c$) として最も適当なものはどれか。次の①～⑨のうちからそれぞれ一つずつ選びなさい。ただし、同じ選択肢を複数回選んでもよく、数字は最も簡単な整数比にきなさい。なお、a, b, c のいずれかの位置に DNA が存在しない場合、その位置の DNA の比は 0 とする。

a , b , c

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 0 | |

B バイオテクノロジーとは、生物がもつ機能を活用する技術の総称である。具体的には遺伝子組換え技術、DNA の塩基配列を調べる技術、遺伝子発現の解析などが含まれる。遺伝子組換えを行うには、e DNA の切断、別の DNA との連結、さらに組換えた f DNA を細胞に導入する 必要がある。

問4 下線部 e に関して、制限酵素は DNA の特定の塩基配列を認識して切断する酵素である。特定の 4 塩基対からなる DNA 配列を認識して切断する制限酵素が 4000 塩基対の DNA を切断する場所の数として最も適当なものはどれか。次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。なお、この制限酵素が認識する配列は回文配列であるとする。 10

- | | | | |
|------|------|------|------|
| ① 4 | ② 8 | ③ 9 | ④ 10 |
| ⑤ 12 | ⑥ 16 | ⑦ 19 | ⑧ 30 |

問5 下線部 f に関する記述として誤っているものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 11

- ① アグロバクテリウムが感染するとアグロバクテリウムのプラスミドは宿主の動物細胞の DNA に組みこまれる。
- ② プラスミドのように、遺伝子を導入する際に利用される、目的の遺伝子を運搬することのできる物質をベクターと呼ぶ。
- ③ プラスミドは細菌の内部に存在する小型の 2 本鎖の環状 DNA である。
- ④ プラスミドは細胞自体の DNA とは独立に複製され、細胞分裂に伴って娘細胞に分配される。
- ⑤ プラスミドは制限酵素切断部位に、発現させたい遺伝子を組みこむことができる。

問6 次の文章を読み、下の(1)~(3)の問いに答えなさい。

図2は2種類のプラスミド（pGFPとpUC19）の模式図であり、図中の P_{lac} 、 O はそれぞれラクトースオペロンのプロモーター、オペレーターを示す。 amp^r は抗菌物質アンピシリンの耐性遺伝子、 GFP は緑色蛍光タンパク質遺伝子、 $lacZ$ はラクトース分解酵素（ β -ガラクトシダーゼ）の遺伝子、 ori は複製起点、 P_{amp^r} は amp^r 遺伝子のプロモーターである。

大腸菌を培養する寒天培地に表1のように条件1~4の実験区を設けた。各条件で用いた大腸菌懸濁液は $100\ \mu\text{L}$ である。ただし条件1では、条件2~4に用いたのと同じ大腸菌懸濁液に対して10倍希釈を3回行ったものを用いた。X-gal は β -ガラクトシダーゼの基質で分解されると青色になる。また、IPTG はラクトースに類似した物質で、リプレッサーに結合して、リプレッサーがオペレーターに結合するのを阻害する。また、細胞1個に取りこまれるプラスミドは1種類のみである。

37°C で24時間培養後、コロニーの数、コロニーの色、紫外線を短時間当てた時のGFPの蛍光の有無を観察した。その結果をまとめたものが表1である。表中のコロニー形成率は（出現したコロニーの数） $\times 100$ / （播種した菌数）（%）とした。さらに、条件3と条件4で出現したコロニーを色とGFPの蛍光の有無によってX、Y、Zの3種類に分け、結果をまとめたものが表2である。

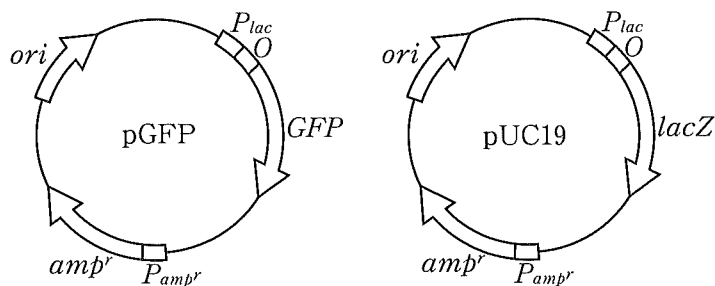


図2

表 1

	実験条件			実験結果		
	プラス ミド	アンピ シリン	X-gal と IPTG	コロニーの色	コロニーの GFP の蛍光	コロニー 形成率 (%)
条件 1	なし	なし	なし	白	なし	100
条件 2	なし	あり	なし	コロニーなし	なし	0
条件 3	あり	あり	なし	白	なし	20
条件 4	あり	あり	あり	白：青 = 3：1	あり：なし = 3：1	20

表 2

コロニーの分類	コロニーの色	GFP の蛍光
X	白	あり
Y	白	なし
Z	青	なし

- (1) コロニー X～Z の大腸菌について説明した次の記述 A～F のうち正しい記述を過不足なく含むものはどれか。下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。

12

- A コロニー X の大腸菌は pGFP のみを取りこんだ。
 B コロニー X の大腸菌は pUC19 のみを取りこんだ。
 C コロニー Y の大腸菌はプラスミドを取りこまなかった。
 D コロニー Y の大腸菌は pGFP と pUC19 のどちらか一方を取りこんだ。
 E コロニー Z の大腸菌は pUC19 のみを取りこんだ。
 F コロニー Z の大腸菌は pGFP のみを取りこんだ。

- ① A, C, E ② A, C, F ③ A, D, E ④ A, D, F
 ⑤ B, C, E ⑥ B, C, F ⑦ B, D, E ⑧ B, D, F

- (2) 条件 4 に用いた大腸菌のうち pGFP を取りこんだ大腸菌の割合として最も適当なものはどれか。次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 13 %

- ① 0 ② 1.0 ③ 5.0 ④ 7.5
 ⑤ 10.0 ⑥ 12.5 ⑦ 15.0 ⑧ 20.0

- (3) 条件 1 で形成されたコロニーの数は 100 個であった。条件 4 の実験を行ったときに形成されたと予想されるコロニーの総数として最も適当なものはどれか。次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 14 個

- ① 1×10^2 ② 2×10^2 ③ 1×10^3 ④ 2×10^3
 ⑤ 1×10^4 ⑥ 2×10^4 ⑦ 1×10^5 ⑧ 2×10^5

3 免疫に関する次の文（A～C）を読み、下の問1～6に答えなさい。

〔解答番号 1 ～ 6 〕

A 免疫は体内に侵入した異物を認識して排除するしくみである。免疫に関わる器官には 、、、リンパ節などがある。免疫担当細胞はすべて の造血幹細胞から分化するが、リンパ球のうち T 細胞は で成熟する。

免疫にかかわる細胞のうち、マクロファージなどの食細胞は というパターン認識受容体を持ち、体内に侵入した細菌やウイルスの病原体に特有の構造を認識して、食作用によってこれを排除する。このような食作用による免疫反応を自然免疫といい、反応は早く、非特異的である。また、マクロファージは を放出して、炎症を引き起こす。

一方、リンパ球によって認識される物質を抗原といい、リンパ球のうちヘルパー T 細胞は、樹状細胞などから抗原提示を受けると を放出して、免疫担当細胞を活性化する。リンパ球のうち B 細胞は、受容体で抗原を認識した後にヘルパー T 細胞によって活性化されると に分化して、抗体を産生し、体液中に放出する。抗体は抗原と結合して病原体の感染力や毒性を弱め、食細胞による病原体の排除を促進する。また、リンパ球のうちキラー T 細胞は、ウイルスに感染された細胞などを直接攻撃して死滅させる。このようなリンパ球を中心とした免疫反応を適応免疫（獲得免疫）といい、反応は遅いが、特異的である。また、抗原の1回目の侵入に対する反応よりも、2回目以降の反応の方が反応は速く大きくなる。この現象を免疫記憶という。

問1 文中の ア ～ ウ にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものは
 どれか。次の①～⑥のうちから一つ選べなさい。 1

- | | ア | イ | ウ |
|---|----|----|----|
| ① | 胸腺 | 骨髓 | ひ臓 |
| ② | 胸腺 | ひ臓 | 骨髓 |
| ③ | 骨髓 | 胸腺 | ひ臓 |
| ④ | 骨髓 | ひ臓 | 胸腺 |
| ⑤ | ひ臓 | 胸腺 | 骨髓 |
| ⑥ | ひ臓 | 骨髓 | 胸腺 |

問2 文中の エ ～ カ にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものは
 どれか。次の①～⑧のうちから一つ選べなさい。 2

- | | エ | オ | カ |
|---|-----|--------|-------|
| ① | HLA | サイトカイン | 形質細胞 |
| ② | HLA | サイトカイン | マスト細胞 |
| ③ | HLA | ヒスタミン | 形質細胞 |
| ④ | HLA | ヒスタミン | マスト細胞 |
| ⑤ | TLR | サイトカイン | 形質細胞 |
| ⑥ | TLR | サイトカイン | マスト細胞 |
| ⑦ | TLR | ヒスタミン | 形質細胞 |
| ⑧ | TLR | ヒスタミン | マスト細胞 |

問3 適応免疫に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

3

- ① アレルギーに適応免疫の反応がかかわることはない。
- ② HIV というウイルスによって B 細胞が破壊されることでエイズが発症する。
- ③ 血清療法では抗体を含む血清を注射して、毒素に対する免疫記憶を成立させる。
- ④ 関節リウマチやⅡ型糖尿病は免疫不全による疾患の例である。
- ⑤ 免疫記憶は樹状細胞の一部が記憶細胞となって残ることにより起こる。
- ⑥ ワクチン接種による病気の予防は適応免疫のしくみを利用している。

B 免疫反応には、病原体の認識にかかわる受容体や、抗体、MHC 分子など、さまざまなタンパク質が関わっている。

抗体分子は免疫グロブリンというタンパク質で、H 鎖と L 鎖がそれぞれ 2 つずつ結合しており、産生する細胞によって構造の変わる可変部と、構造の変わらない定常部（不変部）がある。

樹状細胞は抗原提示のとき、とりこんだ抗原を MHC 分子にのせて提示する。また、有核の体細胞も自己の MHC 分子を細胞膜上に発現させている。他人の移植片が拒絶されるのは、この MHC 分子が個人間で異なっており、キラー T 細胞などの免疫細胞によって非自己の細胞と認識されるためである。

問4 抗体可変部の遺伝子は、H 鎖について V, D, J の 3 群, L 鎖について V, J の 2 群の遺伝子断片からなり、B 細胞が分化する過程で再編成される。いま H 鎖の V, D, J がそれぞれ 40 種類, 25 種類, 6 種類, L 鎖の V, J がそれぞれ 40 種類, 8 種類の遺伝子断片を含むとすると、理論上何通りの抗体が生じることになるか。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 4 通り

- | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| ① 1.92×10^6 | ② 3.84×10^6 | ③ 1.92×10^7 |
| ④ 3.84×10^7 | ⑤ 1.92×10^8 | ⑥ 3.84×10^8 |

問5 ヒトの MHC 分子の遺伝子は 6 遺伝子座からなり、各遺伝子座に数百～数千の対立遺伝子が存在するため、MHC 分子は数千種類以上ある。各遺伝子座がホモ接合であることはほとんどなく、血縁関係のない個人間では一致することが非常にまれである。互いに血縁関係のない両親から生まれた兄弟姉妹間で、MHC 分子が完全に一致している確率（％）として最も適当な数値はどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。なお、ヒトの MHC 遺伝子は同じ染色体上の 6 つの遺伝子座に存在するが、組換えは起こらないものとする。 5 ％

- | | | |
|------|--------|------|
| ① 0 | ② 12.5 | ③ 25 |
| ④ 33 | ⑤ 50 | ⑥ 67 |

C NK 細胞はリンパ球の一種で、他のリンパ球からの活性化を受けずにウイルス感染細胞やがん細胞を攻撃して死滅させる。また、NK 細胞は、樹状細胞と協働してヘルパー T 細胞を活性化する物質（以下、物質 C）を分泌するため、免疫反応を促進する細胞と考えられている。しかし、近年になって NK 細胞が免疫反応を抑制する細胞（以下、NK（－）細胞）に分化することがわかった。

この NK（－）細胞について調べるために、次のような実験を行った。

【実験 1】 マウスに物質 C を投与すると、マウス体内の NK 細胞は NK（－）細胞に分化した。また、NK（－）細胞には、樹状細胞などの抗原提示細胞のみに発現する MHC 分子（MHC II とする）が発現した。物質 C を投与しなかったマウスの NK 細胞は MHC II が発現していなかった。

【実験 2】 マウスから得た NK 細胞をシャーレで培養し、物質 C を投与しても、NK 細胞は NK（－）細胞に分化しなかった。また、MHC II も発現しなかった。

【実験 3】 マウスから得た NK 細胞をシャーレで培養し、物質 C を投与した後、マウス体内に移入すると、NK 細胞は NK（－）細胞に分化し、MHC II を発現した。

【実験 4】 NK 細胞と NK（－）細胞における MHC II 遺伝子の mRNA の発現量を調べたところ、どちらの細胞でも MHC II 遺伝子の mRNA は発現していなかった。

【実験 5】 MHC II 遺伝子を欠損しているマウスから得た NK 細胞をシャーレで培養し、物質 C を投与した後、MHC II 遺伝子を欠損していない正常なマウスの樹状細胞とともに培養すると NK 細胞は NK（－）細胞に分化し、MHC II を発現した。

【実験 6】 NK 細胞と NK（－）細胞が抗原提示をするかを調べたところ、どちらの細胞も抗原提示をしなかった。

問6 実験1～6から考えられる結論について説明した次の記述A～Dのうち正しい記述を過不足なく含むものとして最も適当なものはどれか。下の①～⑧のうちから一つ選べなさい。

6

- A NK（－）細胞でMHC IIが発現することは、NK（－）細胞が抗原提示細胞に分化したことを意味する。
- B NK（－）細胞のMHC IIは樹状細胞から供給されている可能性がある。
- C 物質Cは単独でNK細胞を活性化し、NK（－）細胞に分化させる。
- D 樹状細胞はNK細胞でのMHC IIの合成を誘導する。

- ① Aのみ ② Bのみ ③ Cのみ ④ Dのみ
- ⑤ A, C ⑥ A, D ⑦ B, C ⑧ B, D

- 4 神経系とホルモンによる体内環境の維持に関する次の文（A～C）を読み、下の問1～6に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

A ヒトの神経系は中枢神経系と末梢神経系からなる。中枢神経系は脳と脊髄に分けられ、脳は大腦・間脳・中脳・小脳・延髄からなる。末梢神経系には、脳から出る12対の脳神経と、脊髄から出る 対の脊髄神経が含まれる。大腦皮質は領域によって役割が異なっている。図1はヒトの脳を左側面から見た模式図であり、随意運動は の領域、聴覚は の領域が担っている。ヒトの反応や行動には大腦が関与しないものも知られており、反射と呼ばれる。

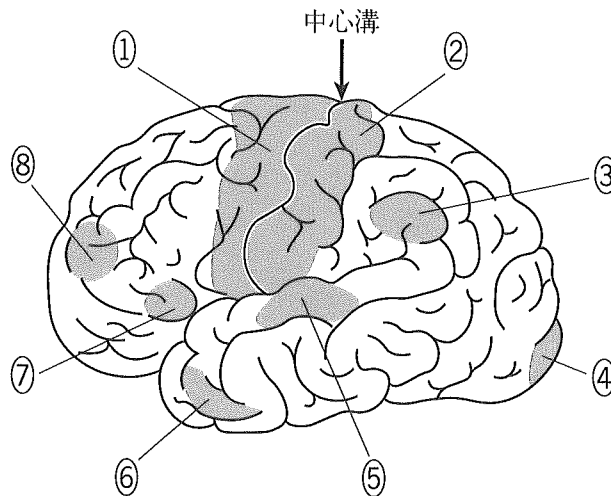


図1

問1 文中の にあてはまる数字として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

- ① 10 ② 12 ③ 23 ④ 24 ⑤ 31 ⑥ 46

問2 文中の ・ にあてはまる領域として最も適当なものはどれか。

図1中の①～⑧のうちからそれぞれ一つずつ選びなさい。

イ , ウ

B 脊髄は膝蓋腱反射の中樞として^{しつがい}はたらく。膝蓋腱反射は、膝下を軽く叩かれた刺激を伸筋の筋紡錘が感知し、膝関節を伸展させる伸筋が収縮することで起こる。

問3 次の図2は、膝蓋腱反射に参与する神経回路（反射弓）の模式図である。また、図中のシナプス i～iii のシナプス後細胞は、それぞれ Na^+ チャネルあるいは Cl^- チャネルをもつとする。膝蓋腱反射が起こる際に、図2のシナプス i～iii のシナプス後細胞で開くイオンチャネルの組合せとして最も適当なものはどれか。下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 4

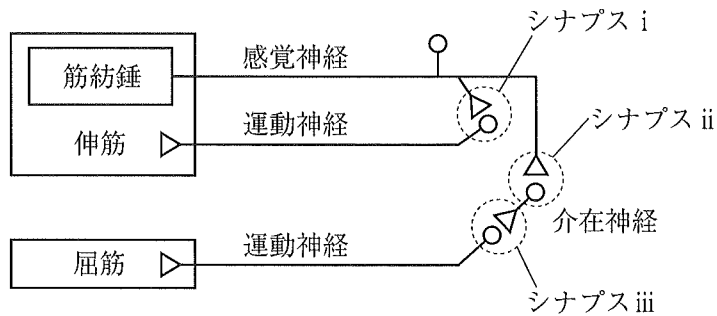


図2

	シナプス i	シナプス ii	シナプス iii
①	Cl^- チャネル	Cl^- チャネル	Cl^- チャネル
②	Cl^- チャネル	Cl^- チャネル	Na^+ チャネル
③	Cl^- チャネル	Na^+ チャネル	Cl^- チャネル
④	Cl^- チャネル	Na^+ チャネル	Na^+ チャネル
⑤	Na^+ チャネル	Cl^- チャネル	Cl^- チャネル
⑥	Na^+ チャネル	Cl^- チャネル	Na^+ チャネル
⑦	Na^+ チャネル	Na^+ チャネル	Cl^- チャネル
⑧	Na^+ チャネル	Na^+ チャネル	Na^+ チャネル

C 血糖値が低下すると **工** から刺激により, **オ** から **カ** が分泌される。また, すい臓のランゲルハンス島 A 細胞から分泌されるグルカゴンなども血糖値を上昇させる作用をもつ。一方, インスリンは血糖値を低下させる。次の図 3 はインスリン分泌のしくみの概略である。インスリンを分泌するすい臓のランゲルハンス島 B 細胞の細胞膜には, Na^+ ポンプの他に, Ca^{2+} チャネル, グルコース輸送体, ATP と結合すると閉鎖する K^+ チャネルがあり, インスリン分泌は以下のような過程を経て起こることが知られている。

【過程 1】 細胞外のグルコース濃度が上昇すると, グルコース輸送体を介してグルコースが細胞内へ流入する。

【過程 2】 グルコースが消費され, 細胞内で ATP 濃度が上昇する。

【過程 3】 ATP が結合することで K^+ チャネルが閉じ, 膜電位が変化する。

【過程 4】 Ca^{2+} チャネルが開き, Ca^{2+} が細胞内へ流入する。

【過程 5】 インスリンが分泌される。

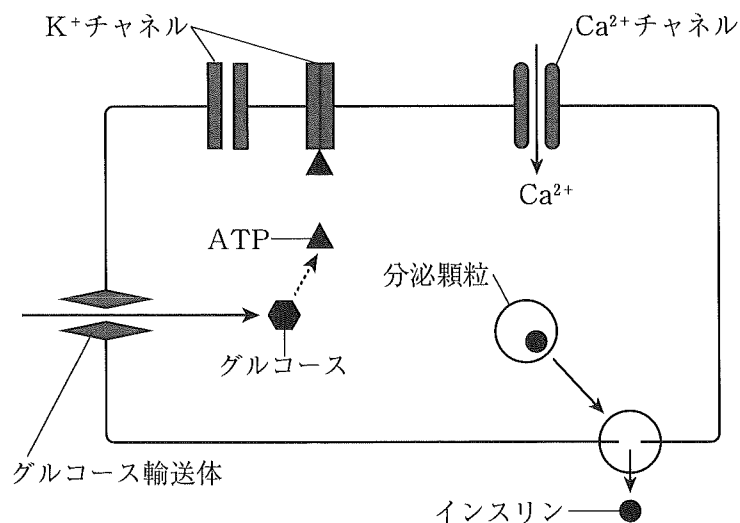


図 3

問4 文中の **エ** ～ **カ** にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものは
 どれか。次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 **5**

	エ	オ	カ
①	交感神経	副腎髄質	アドレナリン
②	交感神経	副腎髄質	鉍質コルチコイド
③	交感神経	副腎皮質	アドレナリン
④	交感神経	副腎皮質	鉍質コルチコイド
⑤	副交感神経	副腎髄質	アドレナリン
⑥	副交感神経	副腎髄質	鉍質コルチコイド
⑦	副交感神経	副腎皮質	アドレナリン
⑧	副交感神経	副腎皮質	鉍質コルチコイド

問5 ホルモンのはたらきに関する次の記述 A～C の正誤の組合せとして最も適当なものはどれか。下の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 6

- A 脂溶性ホルモンである糖質コルチコイドは、核内の DNA と単独で結合して、遺伝子発現を調節する。
- B 水溶性ホルモンであるインスリンは、細胞膜にある受容体と結合して、細胞内へのグルコースの取り込みを促進する。
- C インスリンの分泌は、図3の経路以外に、自律神経系からの刺激によっても引き起こされる。

	A	B	C
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

問6 図3で示されたインスリン分泌の過程のいずれかに関わるタンパク質の遺伝子に変異が起こり、インスリン分泌が正常より増加している場合、考えられる変異として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 7

- ① K^+ チャネルの遺伝子に変異があり、ATP と結合しなくても閉じている。
- ② K^+ チャネルの遺伝子に変異があり、ATP と結合できない。
- ③ Ca^{2+} チャネルの遺伝子に変異があり、グルコースが流入すると閉じる。
- ④ Ca^{2+} チャネルの遺伝子に変異があり、膜電位が変化しても開かない。
- ⑤ グルコース輸送体の遺伝子に変異があり、グルコースを輸送できない。
- ⑥ 分泌顆粒を細胞膜に融合させるタンパク質に変異があり、融合が起こらない。

(下 書 き 用 紙)

生物の試験問題は次に続く。

5 植生の多様性と分布に関する次の文（A・B）を読み、下の問1～7に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

A a 植生が時間と共に方向性をもって変化することを b 遷移という。

植物は外界の環境要因を感知し反応する。さまざまな外的要因の中で c 光条件は植物にとって最も重要な環境要因の一つである。光は光合成のエネルギー源であるばかりでなく、生理的条件や成長を調節する情報となる。

問1 下線部 a に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選べなさい。

- ① 植生の外観をバイオームと呼ぶ。
- ② 植生に非生物的環境を加えたものを生態系と呼ぶ。
- ③ 植生は極相樹種によって決定される。
- ④ 植生を構成する植物のうち、量的割合の高い種を優占種と呼ぶ。
- ⑤ 草原は降水量の多い地域に成立する植生で、階層構造がみられることが多い。
- ⑥ 優占種となる植物は木本であり、草本は含まれない。

問2 下線部 b に関する記述として誤っているものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選べなさい。

- ① 植生の遷移は必ず極相林まで達する。
- ② 遷移の後期に生育する樹木の種子は重力散布型のものが多い。
- ③ 遷移の後期に生育する樹木は照度が低くても芽生えが生育できる陰樹が多い。
- ④ 遷移の初期に進入する植物には窒素固定細菌と共生しているものがみられる。
- ⑤ 遷移の初期に進入する植物は水分や栄養塩類が乏しい条件でも生育できる。

問3 下線部cに関して、次の図1は植物Aの葉に当たる光の強さと二酸化炭素吸収速度の関係を表している。植物Aを4万ルクスの明所で12時間、暗所で12時間置いて栽培した場合に、植物Aの葉100 cm²あたりで1日に増加する有機物量 (mg) として最も適当なものはどれか。下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、吸収されたCO₂はすべてグルコース (C₆H₁₂O₆) の合成に使われ、光の強さによらず呼吸速度は一定であり、葉において消費されたグルコースはすべて呼吸のみに使用されたものとする。また、原子量はC = 12, H = 1, O = 16 とする。 3 mg

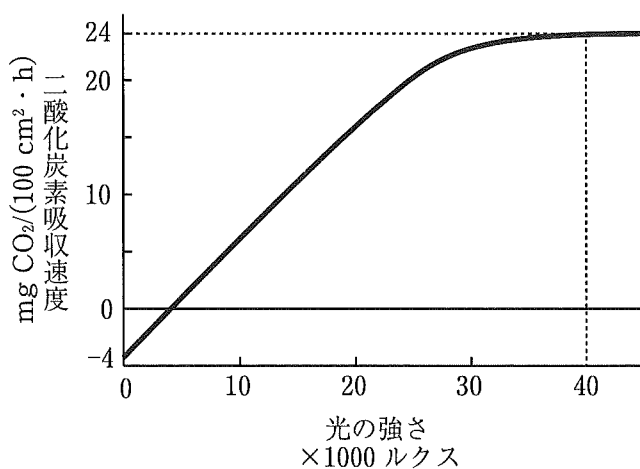


図1

- | | | |
|-------|--------|--------|
| ① 164 | ② 184 | ③ 192 |
| ④ 270 | ⑤ 5760 | ⑥ 8100 |

B 植物や藻類の d 光合成 は葉緑体で行われる。光合成の反応はチラコイドで行われる反応とストロマで行われる反応に分けられる。

チラコイドの ア では イ と酸素の発生が起こる。さらに電子が電子伝達系を流れるうちに H^+ が ウ から エ へ輸送され、 H^+ の濃度勾配が形成される。そしてこの H^+ が ATP 合成酵素を通して オ に移動するときに ATP が合成される。また、カ でも光エネルギーによるクロロフィルの活性化が起こり、NADPH がつくられるとともに、電子伝達系で生じた e^- が受け取られる。光合成の効率はさまざまな環境要因によって影響を受ける。 e C₄ 植物 や CAM 植物 は高温・低 CO_2 条件下でも効率的に炭素固定を行う。

問4 文中の ア ～ ウ にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①～⑧のうちから一つ選べ。 4

ア	イ	ウ
① 光化学系 I	ATP 合成	ストロマ
② 光化学系 I	ATP 合成	マトリックス
③ 光化学系 I	水の分解	チラコイド内腔
④ 光化学系 I	水の分解	マトリックス
⑤ 光化学系 II	ATP 合成	ストロマ
⑥ 光化学系 II	ATP 合成	チラコイド内腔
⑦ 光化学系 II	水の分解	ストロマ
⑧ 光化学系 II	水の分解	チラコイド内腔

問5 文中の **エ** ～ **カ** にあてはまる語句の組合せとして最も適当なものはどれか。次の①～⑧のうちから一つ選べ。 **5**

	エ	オ	カ
①	ストロマ	チラコイド内腔	光化学系Ⅰ
②	ストロマ	チラコイド内腔	光化学系Ⅱ
③	ストロマ	マトリックス	光化学系Ⅱ
④	チラコイド内腔	ストロマ	光化学系Ⅰ
⑤	チラコイド内腔	ストロマ	光化学系Ⅱ
⑥	チラコイド内腔	マトリックス	光化学系Ⅰ
⑦	マトリックス	ストロマ	光化学系Ⅰ
⑧	マトリックス	チラコイド内腔	光化学系Ⅱ

問6 下線部 d について、以下の実験を行った。下の(1)～(3)の問いに答えなさい。

密閉できるガラス容器に単細胞性緑藻であるクロレラの懸濁液を浅く入れて、最初の3分間（前半）と次の3分間（後半）、それぞれ表1に示す条件のもとで実験A～実験Dを行い、光合成に関わる補酵素の量、ATP量、ADP量、O₂発生量及び二酸化炭素吸収量を測定した。なお、表の中の「明」は十分な光を3分間当て続けたことを、「暗」は3分間暗黒に保ったことを、「あり」は容器中の大気に二酸化炭素が含まれることを、「なし」は容器中の大気から二酸化炭素を取り除いたことを示す。なお、光合成では、葉緑体内でつくられたATPやNADPHのみが利用されるものとする。

実験の結果、次の1・2の結果が得られた。

【結果 1】 実験 D の前半では酸素が発生し続けたが、実験 A の前半では酸素の発生が途中で止まった。

【結果 2】 実験 A, C, D で当てた光は十分に強いことから、光合成の速度は二酸化炭素の濃度によって制限されていたと考えられる。ただし、実験 D の前半では二酸化炭素が吸収され続けたが、実験 A の後半では二酸化炭素の吸収が途中で止まった。

表 1

	前半		後半	
	光条件	CO ₂ 条件	光条件	CO ₂ 条件
実験 A	明	なし	暗	あり
実験 B	暗	なし	暗	あり
実験 C	暗	なし	明	あり
実験 D	明	あり	暗	あり

- (1) 実験 A の前半と後半で、クロレラ体内の NADP^+ 、 NADPH 、 ATP 、 ADP に起こる変化として最も適当なものはどれか。次の①～⑧のうちからそれぞれ一つずつ選びなさい。

実験 A の前半 6，実験 A の後半 7

	NADP^+	NADPH	ATP	ADP
①	減少	減少	減少	増加
②	減少	減少	増加	減少
③	減少	増加	減少	増加
④	減少	増加	増加	減少
⑤	増加	減少	減少	増加
⑥	増加	減少	増加	減少
⑦	増加	増加	減少	減少
⑧	増加	増加	増加	増加

- (2) 実験 A～実験 D における、光合成に関わる補酵素に関する記述として誤っているものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。 8

- ① 実験 B の後半では、補酵素の還元は行われない。
- ② 実験 B の前半の終わりには、 NADPH の量が増加している。
- ③ 実験 C の後半では、補酵素の還元が行われる。
- ④ 実験 D の前半では、補酵素の還元が行われる。
- ⑤ 実験 D の前半の終わりには、 NADPH が残っている。

- (3) 実験 A～実験 D の後半における二酸化炭素の吸収量の大小関係として最も適当なものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 9

- ① $A > C > D$ ② $B > C > D$ ③ $B > D > A$
- ④ $C > A > B$ ⑤ $C > B > D$ ⑥ $D > B > A$

問7 下線部 e に関する記述として最も適当なものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。

10

- ① CAM 植物は気孔を夜間に閉じている。
- ② CAM 植物は CO_2 を、昼間はリンゴ酸に蓄え、夜間はカルビン・ベンソン回路で固定する。
- ③ C_4 植物で、 CO_2 が取りこまれて最初にできる化合物はリブローズビスリン酸である。
- ④ C_4 植物のカルビン・ベンソン回路は葉肉細胞にある。
- ⑤ C_4 植物のルビスコに直接 CO_2 を供給するのはリンゴ酸である。

