

一般入学試験

理科 (100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70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 4～27ページ
 化学 28～43ページ
 生物 44～70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 筋収縮に関する次の文 (A・B) を読み、下の問1～6に答えなさい。

[解答番号 ～]

A 図1は骨格筋の筋原繊維構造を模式的に示したものである。a 骨格筋の特徴である周期的な横縞^{じま} (横紋) は、暗帯と明帯が交互に繰り返すことによって形成される。筋原繊維を構成するPとQはそれぞれ フィラメントおよび フィラメントと呼ばれ、Z膜とZ膜の間を示すRは筋原繊維の構造上の単位で と呼ばれる。

骨格筋が収縮するためには フィラメントに フィラメントの一部である 頭部が結合する必要がある。この結合はカルシウムイオンによって制御されている。カルシウムイオン濃度が極めて低い時には、トロポニンというタンパク質によって 頭部は フィラメントに結合することができない。しかし、運動神経の軸索末端から放出された によって興奮が骨格筋に伝わると、 フィラメントの間に フィラメントが滑り込み、筋収縮が起こる。

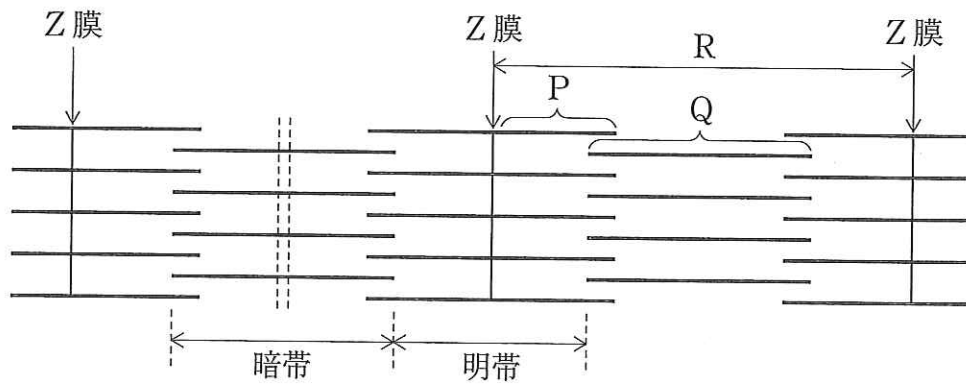


図1

問1 文中の **ア** ~ **エ** にあてはまる語句の組み合わせとして最も適切なものはどれか。次の①~⑥のうちから一つ選びなさい。 **1**

- | | ア | イ | ウ | エ |
|---|-------|-------|-------|----------|
| ① | アクチン | サルコメア | ミオシン | アセチルコリン |
| ② | アクチン | ミオシン | サルコメア | アセチルコリン |
| ③ | アクチン | ミオシン | サルコメア | ノルアドレナリン |
| ④ | ミオシン | アクチン | サルコメア | アセチルコリン |
| ⑤ | ミオシン | アクチン | サルコメア | ノルアドレナリン |
| ⑥ | サルコメア | ミオシン | アクチン | ノルアドレナリン |

問2 下線部 a に関して、骨格筋の横紋の幅と張力との関係を図2に示した。図1の R が左右に広がって両フィラメントの重なりがなくなった時の張力は0%であった。また、図1中の2本の破線で示される部分（暗帯の中央部）は 頭部がない領域で、その幅は $0.2\ \mu\text{m}$ であることがわかっている。これらのことを参考に、下の(1)・(2)の問いに答えなさい。

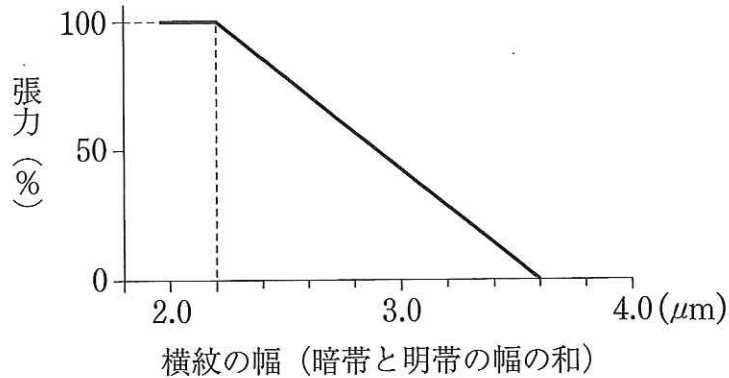


図2

(1) フィラメント (図1の P) の長さの値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。 μm

- ① 1.0 ② 1.4 ③ 1.6
 ④ 2.0 ⑤ 2.2 ⑥ 3.6

(2) 図2において張力が50%を示す時、明帯の長さの値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。 μm

- ① 0.5 ② 0.7 ③ 0.8
 ④ 1.0 ⑤ 1.3 ⑥ 1.6

問3 筋収縮においては ATP (アデノシン三リン酸) が ATP アーゼという酵素の作用によって, ADP (アデノシン二リン酸) とリン酸に分解される時に発生するエネルギーが直接利用される。ATP が直接のエネルギーであることを確かめるために, 歴史的にさまざまな筋標本が作製されてきた。

いま, 筋繊維 (筋細胞) を 50% グリセリン溶液に浸したグリセリン筋と, 筋繊維から細胞膜だけを取り除いたスキンドファイバーを作製し, 以下の実験を行った。この実験結果の解釈として, 誤っているもの二つの組み合わせはどれか。次の①~⑧のうちから一つ選びなさい。 4

実験1 グリセリン筋に電気刺激を与えたが, 収縮しなかった。

実験2 グリセリン筋とスキンドファイバーに ATP を添加するとグリセリン筋だけが収縮し, ATP とカルシウムイオンを添加すると両者とも収縮した。

実験3 無処理の筋繊維に ATP とカルシウムイオンを添加したが, 収縮しなかった。

- a 筋原繊維には ATP アーゼが存在する。
- b ATP は筋繊維の細胞膜を通過できる。
- c スキンドファイバーではトロポニンのはたらきが正常である。
- d グリセリン筋ではトロポニンのはたらきが失われている。
- e グリセリン筋では膜構造が保持されている。

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① a, c | ② b, d | ③ c, d | ④ d, e |
| ⑤ a, d | ⑥ b, e | ⑦ c, e | ⑧ b, c |

B 骨格筋で消費された ATP (アデノシン三リン酸) は、好気呼吸や b 嫌気呼吸、またクレアチンキナーゼという酵素の作用によってクレアチンリン酸と ADP (アデノシン二リン酸) から直ちに再合成される。

骨格筋におけるこの ATP 合成のしくみについて調べるために、無酸素状態においたカエルの骨格筋を準備し、さまざまな酵素阻害剤を用いて実験 1, 2 を行った。

実験 1 骨格筋に刺激を与えて収縮をさせ、収縮前後における乳酸、クレアチンリン酸、ATP の含有量の変化を調べた。また、別のカエルの骨格筋をモノヨード酢酸で処理し、同様に刺激を与えて収縮させると、クレアチンリン酸のみ減少した。なお ATP の変化はほとんど見られなかった (表 1)。

表 1

		乳酸	クレアチンリン酸	ATP
無処理	収縮前	1.3	20.6	ほとんど 変化なし
	収縮後	4.4	16.6	
モノヨード酢酸 処理後	収縮前	1.3	20.6	
	収縮後	1.3	0.0	

単位： $\mu\text{mol/g}$ 生重量

実験 2 さらに別のカエルの骨格筋をモノヨード酢酸とジニトロフルオロベンゼンで処理し、刺激を与えて収縮させると、クレアチンリン酸の含有量はほとんど変化しなかったが、ATP が減少し、ADP と AMP (アデノシン一リン酸) の増加が見られた (表 2)。

表 2

	ATP	ADP	AMP	クレアチンリン酸
収縮前	1.25	0.64	0.10	ほとんど変化なし
収縮後	0.81	0.94	0.24	

単位： $\mu\text{mol/g}$ 生重量

問4 下線部bに関して、骨格筋でグリコーゲンが嫌氣的に分解されて乳酸が生成されるまでの反応過程の名称として、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

- | | | |
|---------|-----------|----------|
| ① 解糖 | ② 解糖系 | ③ 乳酸発酵 |
| ④ 電子伝達系 | ⑤ アルコール発酵 | ⑥ クエン酸回路 |

問5 実験1および実験2の結果より、モノヨード酢酸およびジニトロフルオロベンゼンはATP合成の過程に関わるどの酵素の作用を阻害したと考えられるか。それぞれが阻害したものの組み合わせとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。なお、グリコーゲンから乳酸が生成されるまでの反応に関わる酵素を酵素A、またADP 2分子からATPとAMPがそれぞれ1分子生成されるものとし、その反応をうながす酵素を酵素Bとする。 6

- | モノヨード酢酸 | ジニトロフルオロベンゼン |
|-------------|--------------|
| ① クレアチンキナーゼ | 酵素A |
| ② 酵素A | 酵素B |
| ③ 酵素A | クレアチンキナーゼ |
| ④ 酵素B | ATPアーゼ |
| ⑤ 酵素B | クレアチンキナーゼ |
| ⑥ ATPアーゼ | 酵素B |

問6 実験2の結果より、筋収縮で実際に消費された生重量1gあたりのATP量(μmol)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 $\mu\text{mol/g}$ 生重量

- | | | |
|--------|--------|--------|
| ① 0.14 | ② 0.30 | ③ 0.44 |
| ④ 0.58 | ⑤ 0.74 | ⑥ 0.88 |

2 遺伝子に関する次の文 (A・B) を読み、下の問 1～7 に答えなさい。

[解答番号 ～]

A 遺伝子の本体は DNA (デオキシリボ核酸) である。DNA はヌクレオチドという構成単位が多数鎖状に結合したもので、ヌクレオチドの要素である塩基どうしが水素結合によって相補的に結合し、これがねじれて二重らせん構造を形成している。この構造モデルは によって 年に提唱された。

遺伝子がタンパク質の合成に関わっていることは、 によって1945年に提唱された一遺伝子一酵素説によっても示唆され、その後、DNA の塩基配列がタンパク質のアミノ酸配列を指定していることが明らかになった。

DNA がもつ情報の発現は、DNA から RNA (リボ核酸) が合成される「転写」という過程と、RNA からリボソーム上でタンパク質が合成される「翻訳」という過程からなるが、原核生物と真核生物ではその過程にいくつか異なる点がある。

問 1 文中の ～ にあてはまる語句の組み合わせとして最も適当なもののはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

	ア	イ	ウ
①	グリフィス, アベリー*	1944	ビードル, テータム
②	グリフィス, アベリー*	1961	ビードル, テータム
③	メセルソン, スタール	1944	グリフィス, アベリー*
④	メセルソン, スタール	1953	グリフィス, アベリー*
⑤	ワトソン, クリック	1953	ビードル, テータム
⑥	ワトソン, クリック	1961	ビードル, テータム

*エイブリーと同一人物

問2 下線部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。

- ① 原核生物では、転写と翻訳の間にスプライシングが起こる。
- ② 原核生物では、翻訳に運搬 RNA (tRNA) を必要としない。
- ③ 原核生物では、転写途中の伝令 RNA (mRNA) から翻訳が行われる。
- ④ 真核生物では、一つの mRNA から複数種のタンパク質が合成される。
- ⑤ 真核生物では、核外に移動した mRNA 前駆体からイントロンが除去される。
- ⑥ 真核生物では、DNA リガーゼによって転写が行われる。

問3 ある2本鎖 DNA から転写により合成された RNA は、全塩基数の 28% がアデニンであった。この RNA は2本鎖 DNA の鋳型鎖から形成されたが、鋳型鎖と対をなす鎖では全塩基数の何% がチミンで占められていると考えられるか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。なお、この転写に関わった鋳型鎖およびそれと対をなす鎖からなる2本鎖 DNA の全塩基数の 26% はアデニンであった。 %

- ① 22 ② 24 ③ 26
- ④ 28 ⑤ 30 ⑥ 32

B 遺伝子発現の調節は、転写の過程で行われるものが中心になっている。遺伝子発現に必要な条件下で、まず RNA ポリメラーゼ (RNA 合成酵素) が DNA のプロモーターと呼ばれる領域に結合する。続いて転写、翻訳が行われ、酵素などのタンパク質が合成される。

大腸菌は生育にグルコースを必要とするが、グルコースがない環境ではラクトース (グルコースとガラクトースが結合した糖) の分解に関わる酵素である β -ガラクトシダーゼが体内で合成されるようになり、ラクトースを分解・利用して生育することができる。 β -ガラクトシダーゼ遺伝子 (以下、*lacZ* という) の発現のしくみは、以下のようにになっている (図 1)。

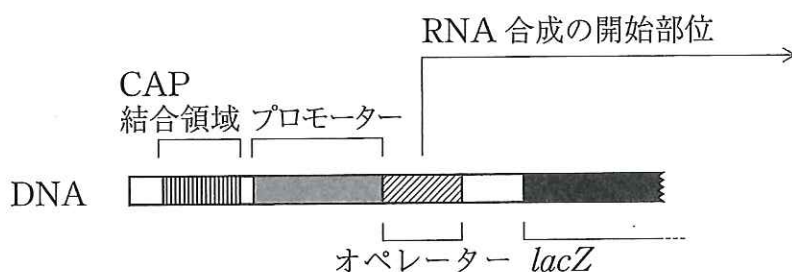


図 1

lacZ のプロモーターの下流にはオペレーターといわれる領域があり、オペレーターにリプレッサー (調節タンパク質の一種) が結合すると、RNA ポリメラーゼがプロモーターに結合できなくなる。この時、*lacZ* は転写されないので、 β -ガラクトシダーゼが合成されない。一方、ラクトース存在下では、リプレッサーはオペレーターに結合できなくなり、RNA ポリメラーゼがプロモーターに結合できるようになる。この時、*lacZ* が転写されるので、 β -ガラクトシダーゼが合成される。また、プロモーターの上流には CAP (調節タンパク質の一種) が結合する CAP 結合領域があり、CAP がこの領域に結合していないと、RNA ポリメラーゼはプロモーターに結合できない。なお、CAP はグルコースが存在すると CAP 結合領域に結合できなくなる。

問4 大腸菌を培養する培地中にグルコースとラクトースがともに存在する時, *lacZ* は転写されるか。また, グルコースとラクトースがともに存在しない時, *lacZ* は転写されるか。それぞれの結果の組み合わせとして最も適当なものを, 次の①~④のうちから一つ選びなさい。 4

- | | ともに存在する | ともに存在しない |
|---|---------|----------|
| ① | 転写される | 転写される |
| ② | 転写される | 転写されない |
| ③ | 転写されない | 転写される |
| ④ | 転写されない | 転写されない |

問5 リプレッサーの遺伝子に突然変異が起こり, リプレッサーがオペレーターに結合できなくなった時, この変異大腸菌は β -ガラクトシダーゼの合成に関してどのような性質をもつと考えられるか。最も適当なものを, 次の①~④のうちから一つ選びなさい。 5

- ① グルコースが存在しない時には, ラクトースの存在に関係なく β -ガラクトシダーゼを合成する。
- ② グルコースが存在しない時には, ラクトースの存在に関係なく β -ガラクトシダーゼを合成しない。
- ③ グルコース, ラクトースの存在に関係なく, 常に β -ガラクトシダーゼを合成する。
- ④ グルコース, ラクトースの存在に関係なく, 常に β -ガラクトシダーゼを合成しない。

問6 CAPの遺伝子に突然変異が起こり、CAPがグルコースの存在に関係なくCAP結合領域に結合できるようになった時、この変異大腸菌は β -ガラクトシダーゼの合成に関してどのような性質をもつと考えられるか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選びなさい。 6

- ① ラクトースの存在に関係なく、 β -ガラクトシダーゼを合成する。
- ② ラクトースの存在に関係なく、 β -ガラクトシダーゼを合成しない。
- ③ ラクトースが存在する時だけ、 β -ガラクトシダーゼを合成する。
- ④ ラクトースが存在しない時だけ、 β -ガラクトシダーゼを合成する。

問7 次の文を読んで、下の(1)・(2)の問いに答えなさい。

ヒトのホルモンも遺伝子発現の調節に関わっていることが知られている。その一つであるチロキシンは、標的細胞の細胞膜を透過した後に、細胞の核内に存在する受容体と結合して、さまざまな遺伝子発現の調節領域において、その転写を調節する。

(1) チロキシンと異なり、その受容体が細胞膜上にあるホルモンの組み合わ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。 7

- ① アドレナリン、エストロゲン
- ② アドレナリン、糖質コルチコイド
- ③ インスリン、エストロゲン
- ④ 成長ホルモン、インスリン
- ⑤ 糖質コルチコイド、インスリン
- ⑥ 糖質コルチコイド、成長ホルモン

(2) チロキシンの過剰な分泌によって起こる疾患としてバセドウ病が知られている。

これは何らかの要因によって、体内に自己抗体（自己の物質と反応する抗体）が生じてしまうことが原因であると考えられている。この自己抗体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。

8

- ① この自己抗体は甲状腺刺激ホルモンと結合して、その機能を失わせると考えられる。
- ② この自己抗体は甲状腺刺激ホルモンを産生する細胞に結合して、この細胞を破壊していると考えられる。
- ③ この自己抗体は甲状腺刺激ホルモンの受容体と結合して、この受容体を刺激していると考えられる。
- ④ この自己抗体はチロキシンを産生する細胞に結合して、この細胞を破壊していると考えられる。
- ⑤ この自己抗体はチロキシンと結合するため、フィードバックにより甲状腺刺激ホルモンの過剰な分泌が起こると考えられる。
- ⑥ この自己抗体はチロキシンの受容体と結合するため、フィードバックによりチロキシンの過剰な分泌が起こると考えられる。

3 免疫に関する次の文（A・B）を読み、下の問1～7に答えなさい。

〔解答番号 ～ 〕

A ヒトの血液は （液体成分）と血球（有形成分）に分けられる。血球には a 赤血球，白血球，血小板がある。白血球には，好中球，マクロファージ，リンパ球など，免疫反応に関わるさまざまな細胞が含まれている。

はヒトの免疫系の中心となる細胞であり，B細胞とT細胞に大別される。ヒトの成体では血球はすべて でつくられるが，B細胞はそのまま で，T細胞は に移動してそれぞれ成熟する。

免疫反応を引き起こす病原体や異物が体内に侵入すると，まずマクロファージの食作用でこれを取り込み分解し，その一部がマクロファージの表面に提示される。これを抗原と認識したヘルパーT細胞はB細胞を活性化し，B細胞は分化・増殖して抗原と特異的に結合する物質，すなわち抗体を産生する。このような抗体と抗原の反応（抗原抗体反応）によって効率よく抗原が排除される免疫反応を 免疫という。

一方，ウイルスなどの病原体が感染した細胞は，キラーT細胞によって攻撃され，排除される。このような免疫反応は 免疫という。臓器移植における移植片の拒絶反応も，移植片の細胞をキラーT細胞が攻撃することによって起こる。

問1 文中の ～ にあてはまる語句の組み合わせとして最も適当なもののはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

- | | ア | イ | ウ |
|---|------|----|-----|
| ① | 血しょう | 骨髓 | 肝臓 |
| ② | 血しょう | 骨髓 | 胸腺 |
| ③ | 血しょう | 脊髄 | 脾臓 |
| ④ | 血清 | 肝臓 | すい臓 |
| ⑤ | 血清 | 骨髓 | 胸腺 |
| ⑥ | 血清 | 脊髄 | 脾臓 |

問2 文中の ~ にあてはまる語句の組み合わせとして最も適当なもの
のはどれか。次の①~⑥のうちから一つ選びなさい。

	i	ii	iii
①	単球	細胞性	体液性
②	好中球	体液性	細胞性
③	リンパ球	細胞性	体液性
④	単球	体液性	細胞性
⑤	好中球	細胞性	体液性
⑥	リンパ球	体液性	細胞性

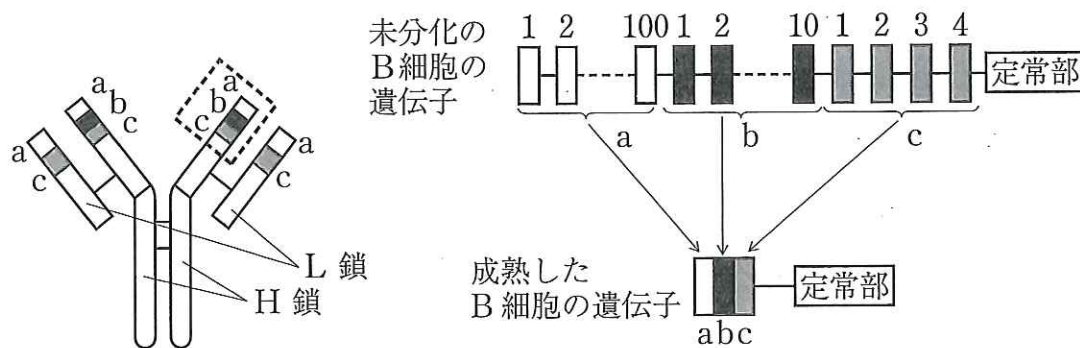
問3 ヒトに関する下線部 a の記述として最も適当なものはどれか。次の①~⑥の
ちから一つ選びなさい。

- ① 赤血球は二酸化炭素の運搬には関与しない。
- ② 白血球は無核の細胞である。
- ③ 血小板の数は血球のうち最大である。
- ④ 赤血球は円盤形の細胞である。
- ⑤ 白血球から血液の凝固に関わる成分が放出される。
- ⑥ 血小板は色素タンパク質を含んでいる。

問4 抗体は免疫グロブリンともいい、大きいポリペプチド鎖であるH鎖と、小さいポリペプチド鎖であるL鎖がそれぞれ二つずつ結合したタンパク質である。抗体には、産生するB細胞によって構造の変わらない定常部（不変部）と、構造の変わる可変部があり、この可変部で抗原と結合する（図1-左）。

一つのB細胞が産生する抗体は1種類であるにもかかわらず、体内ではさまざまな抗原に対応する多様な抗体が産生されている。これはB細胞が分化する過程で抗体の可変部の遺伝子を再編成しているためである。

いま、抗体のうちH鎖の可変部の遺伝子が a, b, c の3群の遺伝子断片からなり、L鎖の可変部の遺伝子が a, c の2群の遺伝子断片からなり、これらがそれぞれ再編成されるとする。この時、H鎖とL鎖から構成される可変部の遺伝子は理論上何通り生じることになるか。図1-右を参考に、その数として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。なお、a群はH鎖、L鎖とも100個、b群はH鎖のみで10個、c群はH鎖、L鎖とも4個の遺伝子断片を含むものとする。 通り



免疫グロブリンの基本構造

H鎖の抗体遺伝子の再編成

図1

- | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| ① 1.6×10^3 | ② 4.0×10^3 | ③ 1.6×10^5 |
| ④ 1.6×10^6 | ⑤ 8.0×10^7 | ⑥ 1.6×10^8 |

問5 花粉症などのアレルギーにも抗原や抗体が関わっていることが知られている。アレルギー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。

5

- ① アレルギーを引き起こす抗原を総称してヒスタミンという。
- ② アレルギーは抗体の変部がマスト細胞（肥満細胞）を刺激することによって起こる。
- ③ アレルギーに関わる抗体を産生する場合、マクロファージやヘルパーT細胞は関係しない。
- ④ アレルギーに関わる抗体を産生する細胞は、B細胞ではなくマスト細胞（肥満細胞）である。
- ⑤ アレルギーに関わる抗体は、抗原の排除に関わるIgG抗体と異なり、アレルゲンと呼ばれる。
- ⑥ アレルギーに関わる抗体は、抗原の排除に関わるIgG抗体ではなくIgE抗体である。

B 臓器移植において、移植片が拒絶されるのは、自己の細胞には存在しない抗原が細胞膜上に発現しているからである。このような抗原のうち、移植において最も強い拒絶反応を引き起こす抗原（タンパク質）をMHCという。MHC遺伝子は数千種類以上あり、通常これをホモ接合体でもつことは極めて少ない。たとえば、異なるMHC遺伝子をヘテロ接合体でもつ両親から子が生まれた場合、両親から一つずつ異なるMHC遺伝子が伝わるので、親子間ではMHC遺伝子の一方は一致するが、もう一方は一致しない。また、兄弟間でもMHC遺伝子が完全に一致する確率は Ⅰ である。

いま、近親交配を繰り返してMHC遺伝子をホモ接合体でもつマウス（近交系マウス）を3系統（Ⅰ系統～Ⅲ系統）と、Ⅰ系統とⅡ系統の雑種第一代（F₁）を準備し、互いに皮膚の交換移植を行った。表1はその結果を示したものである。なお、ドナーとは移植片を提供した個体、レシピエントとは移植片を移植された個体のことである。

表1

		レシピエント			
		Ⅰ系統	Ⅱ系統	Ⅲ系統	F ₁
ドナー	Ⅰ系統	+	-	-	オ
	Ⅱ系統	-	+	-	カ
	Ⅲ系統	-	-	+	キ
	F ₁	ク	ケ	コ	+

＋：生着を示す。－：脱落を示す。

問6 文中の Ⅰ にあてはまる値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

① $\frac{1}{64}$

② $\frac{1}{32}$

③ $\frac{1}{16}$

④ $\frac{1}{8}$

⑤ $\frac{1}{4}$

⑥ $\frac{1}{2}$

問7 下線部bを参考に、表1のオ～コに入る結果の組み合わせとして最も適当なもの
のはどれか。次の①～⑧のうちから一つ選びなさい。 7

	オ	カ	キ	ク	ケ	コ
①	+	+	+	+	+	+
②	+	+	-	+	+	-
③	+	+	-	-	-	-
④	+	-	-	-	+	-
⑤	-	-	+	+	+	+
⑥	-	-	+	+	+	-
⑦	-	-	-	+	+	-
⑧	-	-	-	-	-	-

4 光合成に関する次の文 (A・B) を読み、下の問 1～5 に答えなさい。

[解答番号 ～]

A 2 種類の植物 X と Y の葉を用いて、光強度と葉面積 100 cm² あたりの CO₂ 吸収速度の関係を測定した (図 1)。

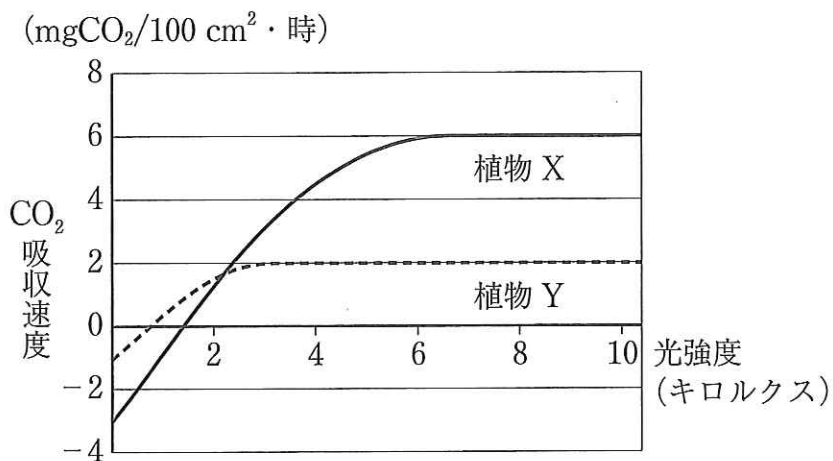


図 1

問 1 植物 X の光合成速度が植物 Y の光合成速度の 2 倍になるのは何キロルクスの光が照射された時か。その値として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 キロルクス

- ① 1.5
- ② 2.0
- ③ 2.5
- ④ 3.0
- ⑤ 3.5
- ⑥ 4.0

問 2 植物 X の面積 330 cm² の葉に 7 キロルクスの光を 14 時間照射した後、続けて暗黒下に 10 時間置いた。この実験終了時に葉の重量はグルコース量にして約何 mg 増加したか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。なお、呼吸基質はグルコースとし、葉でつくられた同化産物は他に移動しないものとする。また原子量は H = 1, C = 12, O = 16 とする。約 mg

- ① 35
- ② 70
- ③ 95
- ④ 120
- ⑤ 135
- ⑥ 150

B 1948年にカルビンらによって明らかにされた植物のCO₂固定回路（カルビン・ベンソン回路）では、CO₂が取り込まれて最初にできる炭素化合物は炭素数3の化合物であった（C₃植物）。1965年にコーチャックは、サトウキビのCO₂固定回路（C₄ジカルボン酸回路）では最初に炭素数4の化合物ができることを示した。のちにこのような光合成をする植物のグループはC₄植物と呼ばれるようになった。また、同じころに乾燥地に適したしくみをもつCAM植物も発見された。

C₄植物とCAM植物の反応経路はほぼ同じで、どちらもC₄ジカルボン酸回路とカルビン・ベンソン回路を持っている。図2はそれを模式的に示したものである。共通点もある一方、両植物の間ではこの2種類の反応回路を a C₄植物では場所を分けて行い、 b CAM植物では時間を分けて行うという違いも見られる。

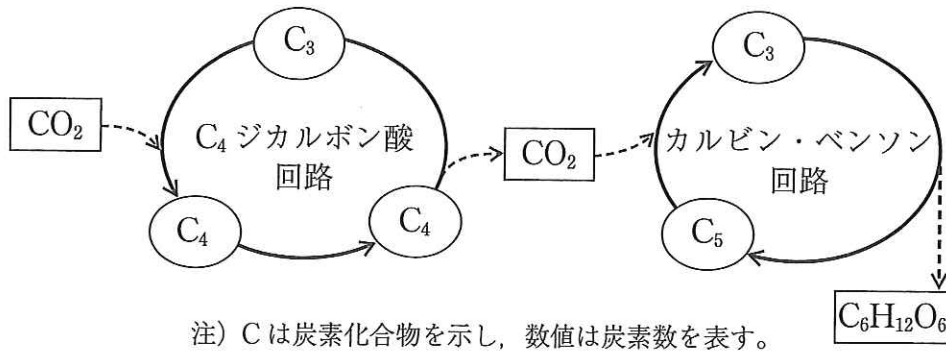


図2

問3 C₃植物、C₄植物およびCAM植物にあてはまる植物名の組み合わ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。 3

	C ₃ 植物	C ₄ 植物	CAM植物
①	イネ	ススキ	ベンケイソウ
②	イネ	ベンケイソウ	ススキ
③	ススキ	イネ	ベンケイソウ
④	ススキ	ベンケイソウ	イネ
⑤	ベンケイソウ	イネ	ススキ
⑥	ベンケイソウ	ススキ	イネ

問4 下線部 a に関して、図3はある C_4 植物の葉の断面を模式的に示したものである。 C_4 ジカルボン酸回路とカルビン・ベンソン回路について、それぞれの反応を行う細胞の組み合わ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。 4

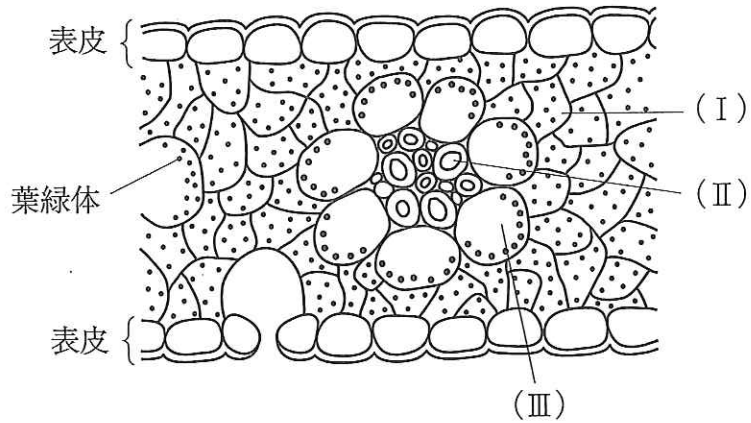


図3

- | | C_4 ジカルボン酸回路 | カルビン・ベンソン回路 |
|---|----------------|-------------|
| ① | (I) | (II) |
| ② | (I) | (III) |
| ③ | (II) | (I) |
| ④ | (II) | (III) |
| ⑤ | (III) | (I) |
| ⑥ | (III) | (II) |

問5 下線部bに関して、下の(1)、(2)の問いに答えなさい。

(1) CAM植物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。

- ① 昼間に比べて湿度が高くなる夜間に気孔を開いてCO₂を取り込む。
- ② 高温による酵素の変性を防ぐため、昼間には気孔を閉じて外気を遮断する。
- ③ 昼間は炭酸同化をせずに光エネルギーだけを吸収する。
- ④ 昼間の強光下では光合成速度は空気中のCO₂濃度に依存する。
- ⑤ 夜間にはO₂の合成も活発で、気孔の開く夜間の方がO₂の放出量が多い。
- ⑥ 孔辺細胞の膨圧は夜間に低下し、昼間に上昇する。

(2) CAM植物のCO₂固定回路に関して、次の文中の ～ にあてはまる語句の組み合わせ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。

CAM植物の場合、CO₂の固定は図2の2種類の反応回路で時間を分けて行なわれる。そのため、取り込まれたCO₂はいったん のかたちで固定された後、さらに に変えられて葉肉細胞内の主に に蓄えられる。

	ア	イ	ウ
①	オキサロ酢酸	リンゴ酸	液胞
②	オキサロ酢酸	リンゴ酸	チラコイド
③	ピルビン酸	オキサロ酢酸	チラコイド
④	ピルビン酸	リンゴ酸	ストロマ
⑤	ホスホグリセリン酸	オキサロ酢酸	ストロマ
⑥	ホスホグリセリン酸	ピルビン酸	液胞

5 進化や分類に関する次の文 (A・B・C) を読み、下の問1～7に答えなさい。

[解答番号 ～]

A 自然界に生息しているさまざまな動物において、遺伝子突然変異により黒色素(メラニン)を合成できない白化個体(アルビノ)がまれに観察される。メラニンを合成する野生型はアルビノに対して優性で、この形質を支配する遺伝子は常染色体上に存在する。

実験観察に利用するために飼育されている小動物(産子数が数千)の集団の中から、表現型が野生型の個体のみを選んで交配実験を行ったところ、雌雄12000対のうち30対から生まれた子のなかにアルビノが観察された。同様の交配実験を異なる世代においても何度か行ったが、アルビノを生む雌雄の割合は常に一定であった。このことから、アルビノの遺伝子はこの小動物の集団の中に一定の頻度で維持されているものと考えられる。

野生型の遺伝子をA、アルビノの遺伝子をaとし、それぞれの遺伝子頻度を p と q ($p + q = 1$) とすると、ある世代での遺伝子型と遺伝子型頻度との関係は表1のように示される。

表1

遺伝子型	AA	Aa	aa	全体
遺伝子型頻度	p^2	$2pq$	q^2	1

問1 遺伝子型と遺伝子頻度が集団中で世代をこえて一定に維持される際の条件として誤っているものはどれか。次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

- ① 十分に大きな生物集団である。
- ② 集団間での生物の移出入がない。
- ③ 遺伝子型によって産子数に差がない。
- ④ 突然変異が起こらない。
- ⑤ 自然選択が起こらない。
- ⑥ 各個体間で自由な交雑が行われぬ。

問2 交配実験に用いた、表現型が野生型の個体のみからなる集団におけるアルビノの遺伝子 a の遺伝子頻度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 0.0025 ② 0.005 ③ 0.025
- ④ 0.05 ⑤ 0.25 ⑥ 0.5

問3 飼育されている小動物の集団からアルビノをすべて取り除いた場合、次世代のアルビノの遺伝子 a の遺伝子頻度を示したもの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 $\frac{q}{1+q}$ ② $\frac{q}{2pq+q}$ ③ $\frac{q}{2pq+1}$
- ④ $\frac{q}{p^2+2pq}$ ⑤ $\frac{q}{p^2+q^2}$ ⑥ $\frac{q}{p^2+2pq+q^2}$

B ホイッタカーらの提唱した五界説では、原核生物を一つの界に、真核生物を四つの界に分類する。その分類の一つである動物界は、さらに a 胚葉の区別がないグループ、b 二胚葉性のグループ、三胚葉性のグループ に分類される。また、三胚葉性のグループは c 原口が口になるグループ と肛門になるグループに分けられる。

問4 下線部 a・b にあてはまる動物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。

a	b
① カイロウドウケツ	ミジンコ
② カイロウドウケツ	ミズクラゲ
③ ゴカイ	ヒル
④ ゴカイ	プラナリア
⑤ ミジンコ	ヒル
⑥ プラナリア	ミズクラゲ

問5 下線部 c のグループには、体腔が中胚葉組織で囲まれるものと囲まれないものがある。中胚葉組織で囲まれない動物の分類群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 輪形動物 | ② 刺胞動物 | ③ 軟体動物 |
| ④ 節足動物 | ⑤ 環形動物 | ⑥ 棘皮動物 <small>きよくひ</small> |

C 異なる生物種間の系統関係や共通の祖先から分かれた年代は、相同なタンパク質のアミノ酸配列や遺伝子の塩基配列を比較し、その置換速度が一定であると仮定し推定できる。また、その結果をもとに類縁関係を表した図を系統樹という。表2は4種類の生物種についてある相同なタンパク質を比較したもので、表中の数値はアミノ酸が異なっている場所の数（置換数）を表している。

表2

	生物種 X	生物種 Y	生物種 Z	生物種 W
生物種 X				
生物種 Y	17			
生物種 Z	69	66		
生物種 W	26	29	71	

図1は、表2の値を用いて作成した系統樹である。(ア)～(エ)には生物種X～Wのいずれかが、(i)～(iii)にはアミノ酸置換数が入る。

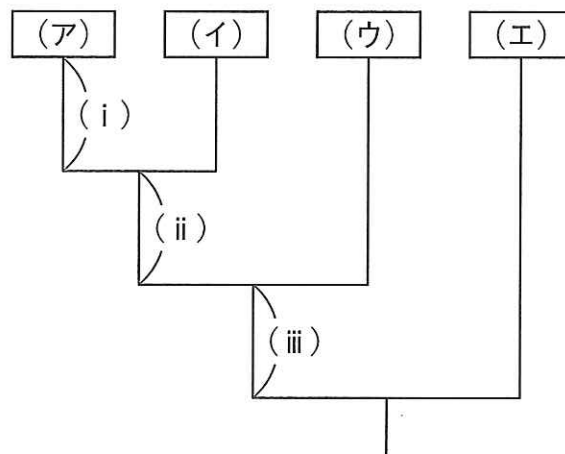


図1

問6 図1中の(ウ)と(エ)に入る生物種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。

- | | (ウ) | (エ) |
|---|-----|-----|
| ① | X | Z |
| ② | X | W |
| ③ | Y | Z |
| ④ | Y | W |
| ⑤ | Z | W |
| ⑥ | W | Z |

問7 図1中の(ii)に入るアミノ酸置換数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 | 5 | ② | 9 | ③ | 14 |
| ④ | 21 | ⑤ | 26 | ⑥ | 34 |