

生物基礎・生物

(全問必答)

第1問 ヒトの筋収縮と代謝に関する次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

〔解答番号 ～ 〕 (配点 25)

ヒトの^ア骨格筋は、円柱状の細長い筋繊維(筋細胞)が束を成してできている。筋繊維の内部を光学顕微鏡で観察すると、明帯と暗帯が交互に並んだ縞模様をもつ筋原繊維が観察でき、このような筋繊維から成る筋肉を横紋筋という。筋原繊維の構成単位はサルコメア(筋節)であり、明帯の中央にはZ膜が存在する。^イ骨格筋が運動神経から刺激を受けると、筋原繊維が収縮し、筋繊維も収縮する。筋収縮の直接のエネルギー源は^ウATPであり、有酸素条件下では筋繊維における^エ呼吸により合成される。

問1 下線部^アに関して、骨格筋は、発生過程で形成される体節に由来する組織である。骨格筋以外に、体節に由来する組織や器官として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

① 平滑筋

② 心筋

③ 脊椎骨

④ 脊髄

問2 下線部イに関する次の文章中の **a** ~ **d** に入る語として最も適当なものを、下の①~⑨のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

a **2** b **3** c **4** d **5**

運動神経の軸索末端から **a** という神経伝達物質が放出されると、筋繊維が興奮し、その興奮がT管を介して筋繊維内の筋小胞体に伝わる。そして、筋小胞体から **b** イオンが放出され、筋原繊維の **c** と結合すると、アクチンフィラメント上の **d** の構造が変化し、アクチンとミオシンの相互作用が可能となり筋収縮が起こる。

- | | | |
|-----------|-----------|------------|
| ① カルシウム | ② カリウム | ③ ミオグロビン |
| ④ トロポニン | ⑤ アセチルコリン | ⑥ GABA |
| ⑦ トロポミオシン | ⑧ ナトリウム | ⑨ ノルアドレナリン |

問3 骨格筋を構成する筋原繊維のサルコメアにおいて、アクチンフィラメントと重ならずミオシンフィラメントだけから成る部分をH帯という。ある筋原繊維において、H帯が $0\mu\text{m}$ のときの一つのサルコメアの長さが $2.0\mu\text{m}$ 、弛緩時の暗帯の長さが $1.6\mu\text{m}$ であった。この値から、この筋原繊維の $2.2\mu\text{m}$ の長さのサルコメアにおける

- (1) H帯の長さ **6** (μm)
 (2) 明帯の長さ **7** (μm)

として最も適当なものを、次の①~⑤のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 0.2 | ② 0.4 | ③ 0.6 | ④ 0.8 | ⑤ 1.0 |
|-------|-------|-------|-------|-------|

問4 下線部ウに関して，図1はATPの構造図である。ATPに関する記述として誤っているものを，下の①～④のうちから一つ選べ。 8

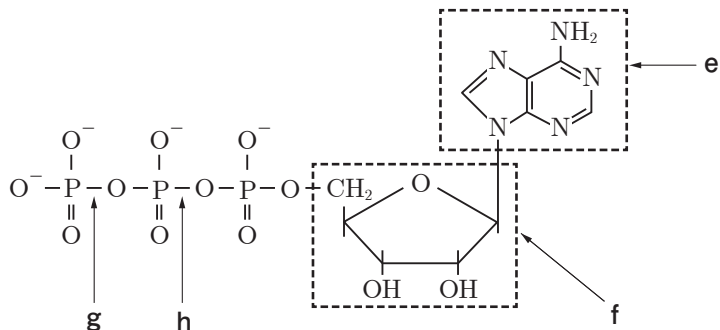


図 1

- ① e は塩基のアデニンである。
- ② f は五炭糖のリボースである。
- ③ 2分子のADP間におけるリン酸転移によりATPが再合成される際，gでリン酸基が切り離される。
- ④ g と h はいずれも高エネルギーリン酸結合である。

問5 下線部工に関して、次の問い(1)・(2)に答えよ。

(1) 呼吸に関する記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

9

- ① 解糖系は酸素の有るときのみ進行する反応系である。
- ② クエン酸回路では脱水反応と脱炭酸反応が繰り返される。
- ③ クエン酸回路は細胞質基質で進行する反応系である。
- ④ 電子伝達系では、ミトコンドリアの膜間からマトリックスへの水素イオンの輸送に伴いATPが合成される。

(2) 1モルのグルコースが完全に酸化分解されると、2,880kJのエネルギーが発生する。また、1モルのATPの合成に必要な化学エネルギーは50.4kJである。これらの値を利用し、呼吸により1モルのグルコースからATPが生成される場合のエネルギー効率(%)として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 10 %

- ① 47 ② 57 ③ 67 ④ 77

第2問 遺伝子と形質発現に関する次の文章(A・B)を読み、各問い(問1～6)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕 (配点 25)

A 現在、ヒトゲノムの全塩基配列はすべて解読されており、アゲノム(30億塩基対)の中に、イ約22,000個の遺伝子があるとされている。DNAのうちタンパク質をコードする領域は2%程度に過ぎず、残りの領域には、遺伝子の転写調節を担う領域やRNAポリメラーゼが結合する 領域、スプライシングによって除去される 、反復配列、オ転移RNAとして転写される領域などがある。

問1 下線部アに関して、ヒトがもつ染色体1本当当たりのDNAの平均的な長さ(cm)として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、DNAにおける10塩基対当たりの長さは3.4nmである。 cm

- ① 1.1 ② 2.2 ③ 3.3 ④ 4.4

問2 下線部イに関して、ヒトの体細胞はすべて同じ遺伝子をもつが、すべての細胞で同じ遺伝子が発現しているわけではなく、共通して発現する遺伝子もあれば、選択的に発現する遺伝子もある。分化した体細胞ごとに選択的に発現する遺伝子として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① ヒストン遺伝子 ② アルブミン遺伝子
③ インスリン遺伝子 ④ クリスタリン遺伝子

問3 上の文章中の と に入る語の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- | | ウ | エ |
|---|--------|-------|
| ① | オペレーター | エキソン |
| ② | オペレーター | イントロン |
| ③ | プロモーター | エキソン |
| ④ | プロモーター | イントロン |

問4 下線部オの転移RNAは、コドンに対応するアミノ酸を細胞小器官Xに運搬するRNAである。表1の遺伝暗号表を参考に、バリンを運搬する転移RNAがもつアンチコドンの塩基配列および細胞小器官Xの組合せとして最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。 4

表 1

一番目の塩基 (5'末端側)	二 番 目 の 塩 基				三番目の塩基 (3'末端側)
	U	C	A	G	
U	UUU } フェニル UUC } アラニン UUA } ロイシン UUG }	UCU } UCC } セリン UCA } UCG }	UAU } チロシン UAC } UAA } 停 止 UAG }	UGU } シス테인 UGC } UGA } 停 止 UGG } トリプトファン	U C A G
C	CUU } CUC } ロイシン CUA } CUG }	CCU } CCC } プロリン CCA } CCG }	CAU } ヒスチジン CAC } CAA } グルタミン CAG }	CGU } CGC } アルギニン CGA } CGG }	U C A G
A	AUU } イソロイ AUC } シン AUA } AUG } メチオニン	ACU } ACC } トレオニン ACA } ACG }	AAU } アスパラ AAC } ギン AAA } リシン AAG }	AGU } セリン AGC } AGA } アルギニン AGG }	U C A G
G	GUU } GUC } バリン GUA } GUG }	GCU } GCC } アラニン GCA } GCG }	GAU } アスパラ GAC } ギン酸 GAA } グルタミ GAG } ン酸	GGU } GGC } グリシン GGA } GGG }	U C A G

- | アンチコドン | 細胞小器官X |
|--------|--------|
| ① GUG | リボソーム |
| ② GUG | 小胞体 |
| ③ CAC | リボソーム |
| ④ CAC | 小胞体 |

生物基礎・生物

B 肝細胞で発現する酵素Yは、ある薬物Zを分解する反応を触媒することにより、Zの不活性化にはたらいっている。酵素Yが正常に機能しない場合、体内でZが分解されず、適量を摂取しても目眩などの副作用を起こす。491個のアミノ酸から成る酵素Yでは、その触媒作用にN末端側から数えて50番目以降のアミノ酸配列が関わっている。酵素Yをコードする遺伝子Yは、常染色体に遺伝子座をもつ。図1は、正常な遺伝子YのmRNAの51番目から100番目までの塩基配列を示したものであり、図1に書かれていないが1番目の塩基は開始コドンの一つ目の塩基である。

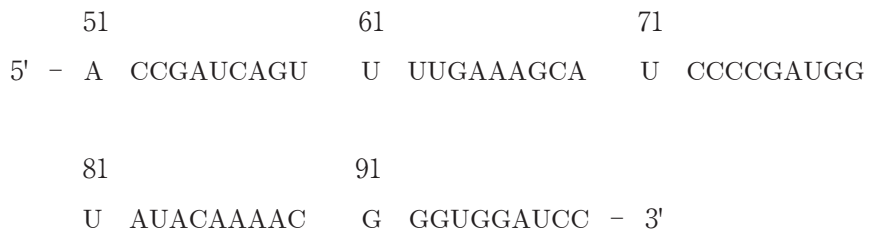


図 1

問5 表1の遺伝暗号表をもとに図1のmRNAを翻訳せよ。そして、N末端側から数えて18番目～20番目のコドンが指定するアミノ酸の配列として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

5

- ① トリプトファンーロイシンーバリン
- ② プロリンーイソロイシンーセリン
- ③ トレオニンーアスパラギン酸ーグルタミン
- ④ アルギニンーセリンーバリン

第3問 体細胞分裂と細胞周期に関する次の文章を読み、各問い(問1～3)に答えよ。

〔解答番号 ～ 〕 (配点 20)

ア体細胞分裂は、間期(G_1 期・イS期・ G_2 期)と分裂期(前期・中期・後期・終期)からなる。ウ間期と分裂期の周期性を細胞周期といい、1周期に要する時間を周期時間という。

問1 下線部アに関して、体細胞分裂はさまざまな生物におけるさまざまな場面で行われている。体細胞分裂により進行する過程として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① ヒトにおいて、一次卵母細胞から二次卵母細胞と第一極体が生じる過程
- ② ヒトにおいて、精細胞から精子が生じる過程
- ③ エンドウにおいて、胚のう母細胞から胚のう細胞が生じる過程
- ④ エンドウにおいて、雄原細胞から精細胞が生じる過程

問2 下線部イに関して、S期ではDNAの半保存的複製が行われる。次の問い(1)・(2)に答えよ。

(1) 次の文章は、DNAの複製様式が半保存的であることを証明した実験について述べたものである。□a～□dに入る語として最も適当なものを、下のそれぞれの選択肢①～⑩のうちから一つずつ選べ。

a □2 b □3 c □4 d □5

□aは、最初に普通の窒素(^{14}N)より質量の大きい同位体(^{15}N)をもつ塩化アンモニウム($^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$)のみを窒素源として含む培地で大腸菌を何世代も培養し、大腸菌のDNAがもつ□bをすべて ^{15}N で置き換えた。そして、この大腸菌を $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$ のみを含む培地に移し、数世代培養した。その間、世代ごとにDNAを抽出し、抽出したDNAを密度勾配遠心法により分離したところ、1回分裂後は、 ^{15}N のみを含むDNA： ^{15}N と ^{14}N を含むDNA： ^{14}N のみを含むDNAが□c、2回分裂後は□dとなった。

□aの選択肢

- ① メセルソンとスタール ② グリフィスとエイブリー

□bの選択肢

- ③ デオキシリボース ④ 塩基

□cの選択肢

- ⑤ 1：1：0 ⑥ 0：1：0 ⑦ 0：1：1

□dの選択肢

- ⑧ 3：1：0 ⑨ 0：1：1 ⑩ 0：3：1

生物基礎・生物

- (2) 図1は半保存的複製の際、複製起点においてDNAが一部分ほどけた様子を模式的に表したものである。岡崎フラグメントが合成される領域の組合せとして最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。 6

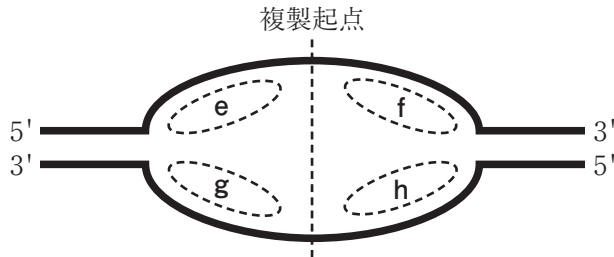


図 1

- ① e と f ② g と h ③ e と h ④ f と g

問3 下線部ウについて、いま、培養液中にあるマウスの細胞集団が時間経過に伴い増殖する様子を調べたところ、培養を開始して18時間後の細胞数は 4.1×10^6 個、36時間後の細胞数は 5.8×10^6 個、54時間後の細胞数は 8.2×10^6 個であった。次の問い(1)・(2)に答えよ。ただし、マウスの細胞集団を構成する各細胞の周期時間は同じであり、それぞれの細胞は細胞周期に偏りなく存在しているものとする。

- (1) この細胞集団を構成する細胞の周期時間(時間)として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 7 時間

- ① 9 ② 18 ③ 27 ④ 36

- (2) 培養開始時点での細胞数(個)として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 8 個

- ① 2.0×10^3 ② 2.0×10^6 ③ 2.9×10^3 ④ 2.9×10^6

(下書き用紙)

生物基礎・生物の試験問題は次に続く。

第4問 次の各問い(問1～5)に答えよ。〔解答番号 1 ～ 10〕 (配点 30)

問1 腎臓は、血しょうから生体に不要な成分を除去・排出し、体液浸透圧の調節を行う器官でもある。健康なヒトでは、1分間当たり1mLの尿が生成される。表1は、健康なヒトの血しょう・原尿・尿の主な成分の濃度(単位はmg/mL)を示したものである。なお、イヌリンは、腎臓においてろ過されるが、再吸収も分泌(追加排出)もされない物質である。表1に関する記述として誤っているものを、下の①～④のうちから一つ選べ。 1

表 1

	血しょう	原尿	尿
タンパク質	80.0	ア	イ
Na ⁺	3.0	3.4	3.5
尿素	0.3	0.3	20.0
イヌリン	0.1	0.1	12.0

- ① アおよびイに入る数値はともに0である。
- ② Na⁺の再吸収率は水の再吸収率にほぼ等しい。
- ③ 尿素は老廃物であり、ろ過されるとそのほとんどすべてが体外へ排出される。
- ④ イヌリンの濃縮率は120であり、1時間当たりの原尿量は7,200mLである。

問2 ニューロンにおける膜電位と興奮の伝導に関する記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

- ① 静止電位は、カリウムイオンが電位依存性カリウムチャネルを細胞内から細胞外へ移動することにより生じる。
- ② ニューロンが閾値を超える刺激を受けると、その部分の膜電位が逆転し、細胞内では興奮部から非興奮部へ活動電流が流れる。
- ③ ニューロンは、より大きな刺激をうけるほど活動電位の大きさが大きくなり、活動電位の発生頻度が増える。
- ④ 有髄神経繊維では、興奮は髄鞘から髄鞘へと飛び飛びに伝わる跳躍伝導がみられる。

問3 タマネギの鱗片葉(食用部分)の内側表皮にカミソリの刃で5mm角の切れ目を入れ、その表皮をピンセットではぎ取って、スライドガラスに載せた。そこに **ウ** を1滴落として核を赤色に染色し、カバーガラスをかけて光学顕微鏡で表皮の構成細胞を検鏡した。次に、接眼マイクロメーターと対物マイクロメーター(1目盛りは100分の1mm)をセットし、レンズの倍率はそのまま検鏡すると、ピントが合う前から一方のマイクロメーターXの目盛りが見え、ピントが合った時点でもう一方のマイクロメーターYの目盛りも見えた。そのとき、マイクロメーターXの20目盛りがマイクロメーターYの7目盛りと一致していた。続いて、対物マイクロメーターをはずし、先のスライドガラスを置いて観察すると、赤色に染色された核が接眼マイクロメーター8.5目盛り分に対応していた。次の問い(1)～(3)に答えよ。

(1) 上の文章中の **ウ** に当てはまる試薬の名称として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **3**

- ① 酢酸オルセイン液
- ② カルノア液
- ③ メチレンブルー液
- ④ ヨウ素ヨウ化カリウム溶液

(2) 接眼マイクロメーターは、マイクロメーターXおよびマイクロメーターYのいずれか。また、観察した核の大きさ(μm)はどの程度か。その組合せとして最も適当なものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。 **4**

	接眼マイクロメーター	核の大きさ
①	マイクロメーターX	$3\mu\text{m}$
②	マイクロメーターX	$25\mu\text{m}$
③	マイクロメーターX	$30\mu\text{m}$
④	マイクロメーターX	$250\mu\text{m}$
⑤	マイクロメーターY	$3\mu\text{m}$
⑥	マイクロメーターY	$25\mu\text{m}$
⑦	マイクロメーターY	$30\mu\text{m}$
⑧	マイクロメーターY	$250\mu\text{m}$

生物基礎・生物

(3) タマネギの鱗片葉の表皮に関する記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

- ① 鱗片葉の内側の表皮は、一般に、葉における表側の表皮に相当し、クチクラ層がみられる。
- ② 鱗片葉の内側の表皮は、一般に、葉における裏側の表皮に相当し、多数の気孔がみられる。
- ③ 鱗片葉の表皮細胞では、核以外にミトコンドリアや葉緑体、液胞などの細胞小器官が観察される。
- ④ タマネギの外側の鱗片葉の表皮細胞の方が、内側の鱗片葉の表皮細胞よりも成長している。

問4 いま、ある被子植物において、受精により種子が生じた。ある対立遺伝子について、母親の遺伝子型をAa、父親の遺伝子型をaaとした場合、次の問い(1)・(2)に答えよ。

(1) 生じた種子における胚および種皮の遺伝子型の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 6

	胚	種皮
①	Aa	Aa
②	Aa	Aa : aa = 1 : 1
③	Aa : aa = 1 : 1	Aa
④	Aa : aa = 1 : 1	Aa : aa = 1 : 1

(2) 生じた種子における胚乳の遺伝子型として可能性のあるものはどれか。その組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 7

- ① AAa · Aaa · aaa
- ② AAa · aaa
- ③ AAAAaa · AAaaaa · aaaaaa
- ④ AAAAaa · aaaaaa

問5 近縁の2種間で、同一遺伝子の塩基配列を比べると、その違いは共通の祖先から分岐した年数に比例して増える傾向にある。そのため、塩基配列の変化速度は注目する2種の生物が分岐した年代を同定する目安となり、これを **工** という。表2は、ある生物種X、Y、Zについて、ある遺伝子の特定領域において塩基配列の違いがいくつあるかを示したものである。下の問い(1)~(3)に答えよ。

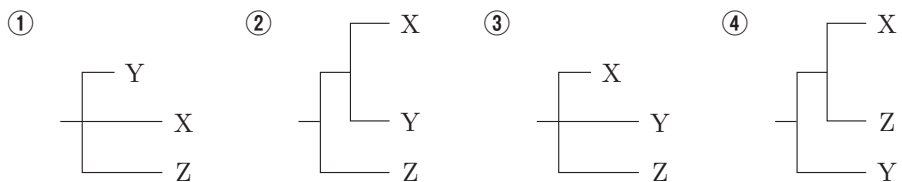
表 2

	種X	種Y	種Z
種X	—	—	—
種Y	2	—	—
種Z	4	4	—

(1) 上の文章中の **工** に当てはまる語として最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。 **8**

- ① 分子時計 ② 遺伝的浮動 ③ 中立説 ④ 自然淘汰

(2) 表2から作成できる系統樹として最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。 **9**



(3) 共通祖先から種Zとその他の種が分岐したのが今から600万年前とした場合、表2における塩基配列の違いが一つ種に固定されるのに要する時間(万年)はおよそどれくらいだと考えられるか。最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。 **10** 万年

- ① 150 ② 300 ③ 600 ④ 1,200