

理 科

試験時間

1. 理学部, 医学部(医学科・保健学科検査技術科学専攻), 薬学部, 工学部は 120 分
2. 医学部(保健学科放射線技術科学専攻)は 60 分

	問 題	ページ
物理	1 ~ 3	1 ~ 6
化学	1 ~ 3	7 ~ 12
生物	1 ~ 3	13 ~ 23
地学	1 ~ 4	24 ~ 30

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この冊子を開いてはいけません。
 2. あらかじめ届け出た科目の各解答紙の2箇所に受験番号を必ず記入しなさい。
なお, 解答紙には必要事項以外は記入してはいけません。
 3. 解答は必ず解答紙の指定された場所に記入しなさい。
 4. 試験開始後, この冊子又は解答紙に落丁・乱丁及び印刷の不鮮明な箇所があれば, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
 5. この冊子の白紙と余白部分は, 適宜下書きに使用してもかまいません。
 6. 試験終了後, 解答紙は持ち帰ってはいけません。
 7. 試験終了後, この冊子は持ち帰りなさい。
- ※この冊子の中に解答紙が挟み込んであります。

生 物

1 次の文章を読み、下記の(問1)、(問2)に答えよ。

私たちは、外敵からの攻撃に対応するためにいろいろな防御システムを備えている。目に見える大きな外敵に対しては、神経や筋肉のはたらきを中心として、外敵の存在を感知し対応する。一方、ウイルスなどの目に見えない外敵に対しては、白血球などから構成される免疫機構により^{a)}防御している。このように、さまざまなはたらきをもった細胞が協調してからだを外敵から守っている。細胞が機能するためにはエネルギーが必要であり、エネルギーの供給源として多くの場合^{b)}アデノシン三リン酸(ATP)が用いられる。

(問1) 下線部 a) に関して、新型コロナウイルス感染の有無をポリメラーゼ連鎖反応法(PCR法)で調べている。新型コロナウイルスはRNAウイルスであるため、RNAをDNAに変換してPCRを行っている。PCRに関する以下の文章を読み、設問(ア)~(エ)に答えよ。

PCRは、微量DNAから調べたいDNA領域を増幅するための技術であり、鋳型となるDNA、調べたい配列を指定するための2つの 1 、4種類の 2 、酵素である 3 を用いて増幅反応を行う。 1 、 2 、 3 が反応液に十分量含まれている反応サイクルの初期・中期段階であれば、理論的には1サイクルの増幅反応につきDNA断片を 4 倍に増幅することができる。ただし、反応サイクルの後半においては、反応液中の 1 や 2 が不足したり、 3 が失活したりすると、増幅効率が低下する。

(ア) 文中の 1 ~ 4 に適切な語句もしくは数値を入れよ。

(イ) 唾液に含まれる新型コロナウイルスを検出するために、PCRを行う実験を計画している。10個の新型コロナウイルス由来DNAが含まれる試料を反応液に加えてPCRを行った場合、nサイクル後には増幅されたDNA断片は何個になっているか答えよ。ただし、nサイクル後の反応液には、DNA断片を増幅するために必要な成分が十分残っているものとする。

(ウ) 2つの試料(AとB)に含まれるDNAを別々にPCRで増幅したところ、試料Aでは18サイクルで、試料Bでは21サイクルで同じ数のDNA断片を得ることができた。PCRで増幅する前の試料に含まれるDNA量を比較した時、試料Bには試料Aの何倍DNAが含まれていたか答えよ。ただし、PCR終了後の反応液には、DNA断片を増幅するために必要な成分が十分残っていたものとする。

(エ) 図1は、PCRのサイクル数とDNA断片数の変化を示したものである。グラフA～Dの中から正しいものを1つ選び、答えよ。

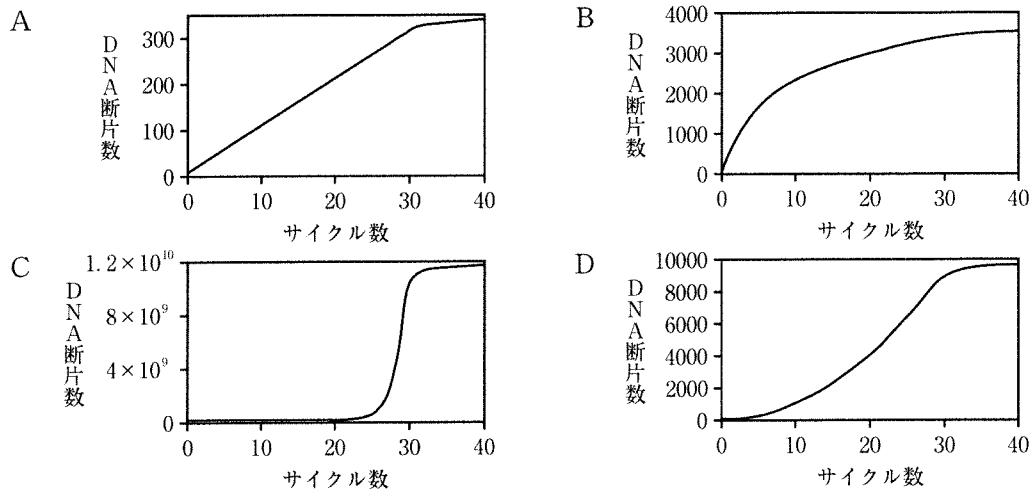


図1

(問2) 下線部b)に関して、ATPはグルコースなどの有機物を分解する過程で合成される。この過程は、解糖系、クエン酸回路、および電子伝達系から構成されている。このATP合成経路に関する以下の設問(a)～(c)に答えよ。

- (ア) 1分子のグルコースが解糖された結果、解糖系のみで何分子のATPが使われ、何分子のATPが合成されるか、答えよ。
- (イ) 1分子のピルビン酸がミトコンドリアに入ったのち、クエン酸回路で完全に分解される過程で、何分子のATPが合成されるか、答えよ。
- (ウ) 1分子のグルコースが完全に分解された時、電子伝達系で最大何分子のATPが合成されるか、答えよ。
- (エ) 電子伝達系では、ミトコンドリア内膜に埋め込まれたタンパク質複合体に電子が受け渡され、その電子が次々と別の分子に受け渡されていき、最終的に電子は酸素に受け渡される。
- (a) タンパク質複合体に電子を受け渡す物質は何か。物質名を2つ答えよ。
- (b) 電子伝達系で電子が次々と受け渡された結果、ある物質の濃度勾配がミトコンドリア内膜の内外で生じる。ある物質とは何か、答えよ。
- (c) 電子を受け取った酸素は、その後、ある物質と反応して何になるか。化学式で答えよ。

(オ) 酵母は、酸素がない環境では、グルコースを解糖して生じたピルビン酸をエタノールまで変化させる。これは、解糖系が継続的にはたらくために必要なある物質が不足しないようにするためである。ある物質とは何か、答えよ。

(カ) がん細胞 X は、乳酸発酵を行った時にのみ乳酸を作り、細胞外に分泌する。がん細胞 X を十分量の酸素とグルコースを含む培養液中で培養し、細胞あたりの酸素消費速度、培養液中の乳酸の濃度、および細胞内の ATP 量を経時的に測定した。測定途中で、ミトコンドリア内膜に存在する ATP 合成酵素を阻害する薬剤を培養液中に添加して ATP 合成酵素活性を部分的に抑えたところ、図 2 のグラフに示す結果を得た。これらの結果から予想されることで正しいものを、以下の①～⑦から過不足なく選び、番号で答えよ。

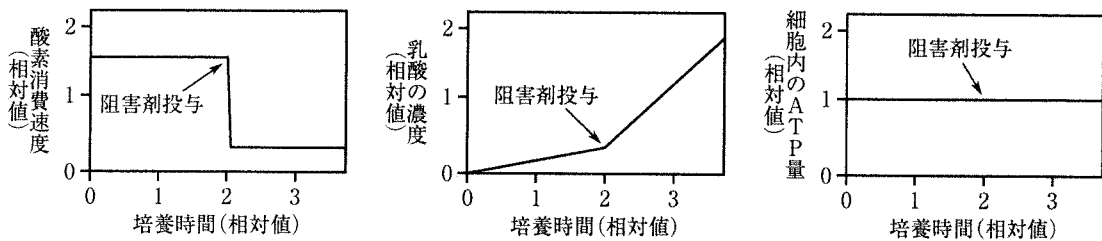


図 2

- ① がん細胞 X は、酸素が十分にある条件では乳酸発酵を行わない。
- ② 酸素が十分にある条件では、がん細胞 X は細胞質基質における反応系のみを利用して ATP 合成を行っている。
- ③ がん細胞 X における ATP 合成は、大部分を細胞質基質での反応系に依存している。
- ④ がん細胞 X では、細胞質基質で ATP を合成できない場合、ミトコンドリアにおける ATP 合成を促進し、十分量の ATP を合成できる。
- ⑤ がん細胞 X は、ミトコンドリアで ATP を合成できない場合、細胞質基質での反応系を促進して ATP 合成を行うことができる。
- ⑥ がん細胞 X は、酸素が少ない条件下でも細胞質基質での反応系を用いて ATP を合成できると考えられる。
- ⑦ 酸素が少ない条件では、がん細胞 X は酸素を利用せずに ATP をミトコンドリアで合成できると考えられる。

2 次の文章を読み、下記の(問1)～(問3)に答えよ。

多くの脊椎動物の発生過程では、1 と 2 の接合によって生じた 3 が体細胞分裂を繰り返して細胞の数を増やしていき、分裂で生じた細胞が特定の形やはたらきをもつ細胞に分化する。これらの細胞が集まって 4 をつくり、さらに 4 が集まって器官を形成し、からだを構成する。生体内では、酵素と呼ばれる 5 作用を持つタンパク質によって細胞内代謝反応が効率的に進行している。

(問1) 文中の 1 ～ 5 に適切な語句を入れよ。

(問2) 下線部 a) に関する次の文章を読み、以下の設問(ア)～(エ)に答えよ。

発生を開始したカエルの胚は、原腸胚という時期を迎えると、1 胚葉から将来の消化管のもとになる原腸が形成されるとともに、原口の動物極側の細胞が胚の内部に入って 2 胚葉が形成される。次に、3 胚葉から将来の脳や脊髄のもとになる神経管が形成された神経胚になる。神経管の腹側には、神経管に沿って脊索があり、発生の進行とともに脊索の左右から腹側にかけて、2 胚葉組織である体節、腎節、側板の区別が明確になってくる。神経管を構成する細胞が分化して生み出されるニューロンは、細胞体と多数の突起からなり、長く伸びた突起を軸索、短い突起を 4 という。軸索内には微小管が軸索の長軸方向にならび、細胞体で合成されたタンパク質などが微小管に沿って軸索末端まで輸送される。このような輸送には、ダイニンや 5 といった 6 タンパク質が関与する。軸索末端まで輸送された物質には、次の細胞に情報を伝達するものが含まれている。

(ア) 文中の 1 ～ 6 に適切な語句を入れよ。

(イ) 下線部 1) に関して、体節と側板のそれぞれから最終的に分化して生じる器官を①～⑤から過不足なく選び、番号で答えよ。

- ① 骨格筋 ② 平滑筋 ③ 脊椎骨 ④ 心臓 ⑤ 真皮

(ウ) 下線部2)に関して、神経ネットワークを構成するニューロンは、感覚ニューロン、介在ニューロン、運動ニューロンの3つに大別される。3つのニューロンの特徴について、正しい説明の組み合わせを表1の①～⑥から選び、番号で答えよ。

表1

	感覚ニューロン	介在ニューロン	運動ニューロン
①	ニューロン間の連絡	受容器で生じた信号を中枢に伝達	中枢で処理された信号を効果器に伝達
②	ニューロン間の連絡	中枢で処理された信号を効果器に伝達	受容器で生じた信号を中枢に伝達
③	受容器で生じた信号を中枢に伝達	ニューロン間の連絡	中枢で処理された信号を効果器に伝達
④	受容器で生じた信号を中枢に伝達	中枢で処理された信号を効果器に伝達	ニューロン間の連絡
⑤	中枢で処理された信号を効果器に伝達	受容器で生じた信号を中枢に伝達	ニューロン間の連絡
⑥	中枢で処理された信号を効果器に伝達	ニューロン間の連絡	受容器で生じた信号を中枢に伝達

(エ) 下線部 3) に関する次の文章を読み、以下の設問(a), (b)に答えよ。

図1は、あるニューロンが別のニューロンに情報を伝達する制御機構を模式的に示したものである。あるニューロンの軸索終末に神経興奮が伝わると、①が細胞膜と融合することで、①に蓄えられている②が細胞外に放出される。②は近接する別のニューロンの細胞膜上に存在する③と結合し、それを活性化することで、情報が別のニューロンに伝達される。細胞外に放出された②は、④を介して細胞内に取り込まれ、その後、⑤を介して①へと取り込まれ、再利用される。

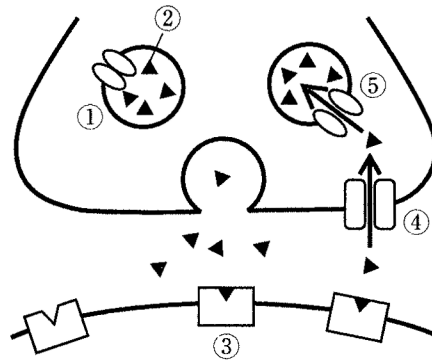


図1

(a) ①, ②, ③の名称を答えよ。

(b) 図1に示した①～⑤に作用する薬剤は、情報伝達に影響する。以下のA～Fの作用をもつ薬剤について、これらの薬剤で処理した時、情報伝達を強めるものを解答紙の亢進の欄に、弱めるものを阻害の欄にそれぞれ記号で答えよ。

- A ニューロン内で②の合成を抑制する。
- B ①と細胞膜の融合を抑制する。
- C ②より強く③に結合し、③を活性化する。
- D ②の代わりに③に結合するが、③を活性化しない。
- E ④による細胞外からの②の取り込みを抑制する。
- F ⑤による①への②の取り込みを抑制する。

(問 3) 下線部 b)に関する次の文章を読み、以下の設問(ア), (イ)に答えよ。

(ア) ヒト細胞から酵素 X を精製した。この酵素 X の特性を明らかにするために、さまざまな条件における酵素活性の測定を行なった。さらに、さまざまな生物種における酵素 X の存在を調査したところ、温泉や熱水噴出孔などに生息する好熱性微生物からも同様の活性をもつ類似の酵素 Y が発見された。

(a) 酵素 X に関して、酵素量が一定の時の基質濃度と反応速度の関係を調べたところ、図 2 の結果を得た。図中の A において反応速度がほぼ一定になる理由、および B において基質濃度と反応速度が比例関係になる理由を、「酵素-基質複合体」の語句を用いてそれぞれ 30 字以内で説明せよ。

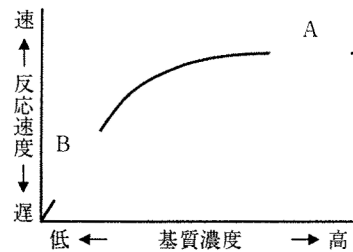


図 2

(b) 酵素 X に関して、酵素量が一定の時の基質濃度と反応速度の関係を阻害剤存在下で調べたところ、図 3 の点線で示した(I)および(II)の結果を得た。(I)および(II)の時に用いた阻害剤の性質に関して、表 2 の と に適切な語句を入れよ。また、表 2 の ~ には右の選択肢から適切な語句を選び、答えよ。

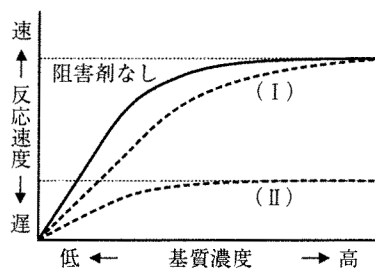


図 3

表 2

	(I)	(II)	
阻害剤の種類	① 阻害剤	② 阻害剤	選択肢
基質との構造類似性の有無	③	④	あり なし
阻害剤添加による最大反応速度の変化	⑤	⑥	上昇 変化なし 低下
阻害剤添加による最大反応速度の50%を示す基質濃度の変化	⑦	⑧	

(c) 酵素 Y の酵素活性と温度との関係を示した最も適切なグラフを、図 4 の点線で示した(i)~(iii)から 1 つ選び、答えよ。

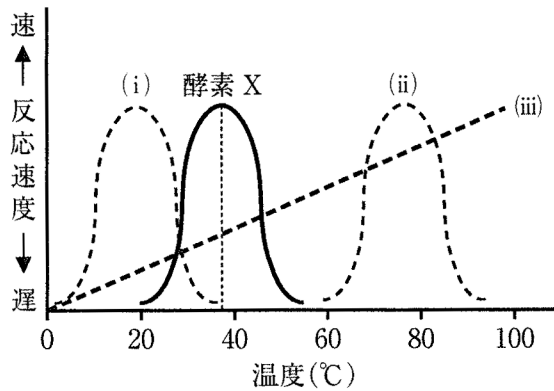


図 4

(イ) ある細菌において、トレオニンからイソロイシンが合成される経路は、5種類の酵素が関与する5段階の反応からなる。最初にトレオニンに作用する酵素には、活性部位とは別に、イソロイシンが結合する部位が存在し、そこにイソロイシンが結合すると、活性部位の構造が変化し、トレオニンに作用することができなくなる。

(a) イソロイシンが結合する酵素の部位を何というか、答えよ。

(b) イソロイシンのように、酵素反応系の最終産物が最初の段階の酵素の活性を抑制することを何というか、答えよ。また、このような抑制が生じる理由を25字以内で説明せよ。

3 次の文章を読み、下記の(問1)～(問6)に答えよ。

植物の光合成に、光は欠くことができない。その過程は、光に依存する反応と、光に依存しない反応^{a)}に分けられる。光に依存する反応は、クロロフィルタンパク質複合体が多数集まってできた2種類の光化学反応系が関与し、葉緑体の で生じ、光に依存しない反応におけるグルコースなどの有機物を合成するためのエネルギーを生産する。一方、光に依存しない反応は、葉緑体の で生じる。この反応は、酵素^{b)}によってC₅化合物であるリブロースビスリン酸と二酸化炭素が反応し、その後2分子の が生じるところから始まる。

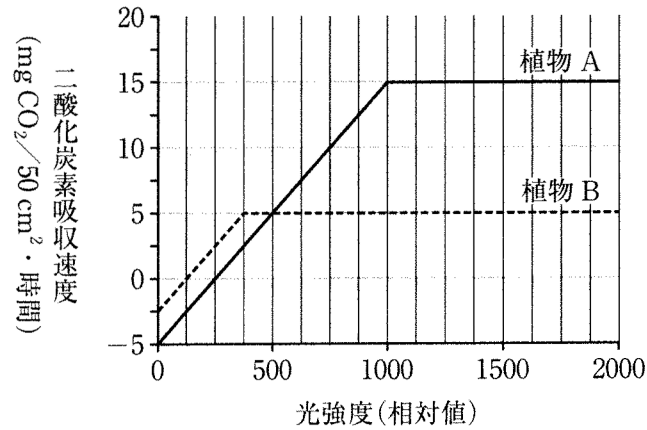
陸上の主要な生産者である植物のまとまりを植生という。気候帯に対応した植生やそこに生息する動物などを含めた生物のまとまりをバイオーム^{c)}という。生産者が作った有機物を直接あるいは間接的に利用する多細胞性の従属栄養生物として菌類や動物^{d)}がいる。菌類のうち、べん毛をもつ遊走子と呼ばれる胞子を形成する が最も古く分岐した系統と考えられている。マツタケなど大型の子実体を形成する仲間は に分類される。

(問1) 文中の ～ に適切な語句を入れよ。

(問2) 下線部 a)に関して、光を必要としない、多くの酵素が関与する化学反応からなる回路を何回路と呼ぶか、答えよ。

(問3) 下線部 b)の酵素名を答えよ。

(問 4) 以下の図は、光合成に十分な量の二酸化炭素が存在する条件において、光強度を変え、植物 A と植物 B の葉における $50 \text{ cm}^2 \cdot 1 \text{ 時間}$ あたりの二酸化炭素吸収速度を測定した結果である。以下の設問(ア)～(オ)に答えよ。



図

- (ア) 植物 A と植物 B のどちらがより暗い環境に適応しているか。理由とともに答えよ。
- (イ) 植物 A と植物 B において、一方の植物は生育可能であるが、他方の植物が生育できない光強度の範囲を答えよ。
- (ウ) 植物 A と植物 B の光合成速度が同じになる光強度の範囲を答えよ。
- (エ) 植物 B が成長するためには、光強度 500(相対値)の光を 1 日あたり何時間以上受ける必要があるか、答えよ。
- (オ) 植物 A の 100 cm^2 の葉を 2 枚準備し、1 枚には光強度 500(相対値)の光を、もう 1 枚には光強度 750(相対値)の光をそれぞれ 4 時間照射した。光強度による光合成産物量の違いは、グルコース換算で何 mg となるか、答えよ。ただし、原子量は $\text{H}=1$, $\text{C}=12$, $\text{O}=16$ とし、解答は小数点第一位を四捨五入して答えよ。

(問 5) 下線部 c)に関する以下の設問(ア), (イ)に答えよ。

(ア) 以下のA～Dの説明に対応する適切な森林のバイオーム名を1つ答えよ。

- A 地中海性気候の地域で主にみられる。
- B 熱帯・亜熱帯で雨季と乾季が明確な地域で主にみられる。
- C 日本では九州から本州中部の低地(丘陵)帯で主にみられる。
- D 年平均気温が比較的低い冷温帯地域で主にみられる。

(イ) 上記のA～Dの各バイオームで優占する樹木を以下の①～⑩から過不足なく選び、その番号を答えよ。

- ① タブノキ ② フタバガキ ③ アコウ ④ ミズナラ
- ⑤ チーク類 ⑥ オリーブ ⑦ トドマツ ⑧ ヒルギ類
- ⑨ カエデ類 ⑩ カシ類

(問 6) 下線部 d)に関する以下の設問(ア)～(ウ)に答えよ。

(ア) 菌類が栄養分を消化し摂取する方法は、動物とどのように異なるか。60字以内で説明せよ。

(イ) 標識再捕法は移動性の高い動物の個体群密度の推定方法である。この方法を用いた計算過程を示した以下の文の に当てはまる数字を答えよ。

ある池でフナを 匹捕獲し、標識をつけて放流した。数日後、同じ池でフナを75匹捕獲したところ、68匹に標識がついていなかった。1回目と2回目の捕獲は同条件で行い、その間に移動・死亡などで池内のフナの個体数が変化することはなく、標識フナとその他のフナは池内で均一にまじりあっており、標識の有無が捕獲効率に影響を及ぼすことはなく、標識も外れることはなかったと仮定した場合、この池には合計525匹のフナが生息すると推定された。

(ウ) (イ)で行った調査において、2回目の捕獲の前に一部の標識フナの標識が外れていた場合、実際の池全体のフナの個体数は、推定値より大きいか、それとも小さいか、答えよ。