

令和 5 年度 医学部 一般選抜試験 問題冊子

物 理

化 学

生 物

1 月 2 4 日 (火) 9 : 3 0 ~ 1 1 : 1 0

注 意 事 項

1. 開始の指示があるまでは、この冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は表紙 1 枚、草稿用紙 1 枚、物理問題用紙 3 枚、化学問題用紙 3 枚、生物問題用紙 7 枚の計 1 5 枚です。
3. 乱丁、落丁、印刷不鮮明の箇所があれば、直ちに申し出てください。
4. 物理、化学、生物の 3 科目のうち、2 科目を選択して解答してください。
5. 解答はすべて答案用紙の所定の位置に記入してください。
6. この冊子の余白は草稿用に使用しても構いません。
7. 試験室内で配付されたものは、一切持ち帰ってはいけません。
8. 試験終了の時刻まで、退出してはいけません。

草稿用紙

生物 問題 I

次の【A】および【B】の文章を読み、下の問に答えよ。

【A】 森林の植生では、多くの植物が林床から林冠までの様々な階層に葉をつけ、それらが森林全体としての光合成を担っている。個々の葉の性質はそれぞれの階層に出現する種によって異なるだけでなく、同じ種の葉でも高さによって葉の形状などが変化することもある。図1はツブラジイ（シイノキ）の優占する森林において、いろいろな高さからツブラジイの葉を採取して、その性質の変化を調べた結果である。

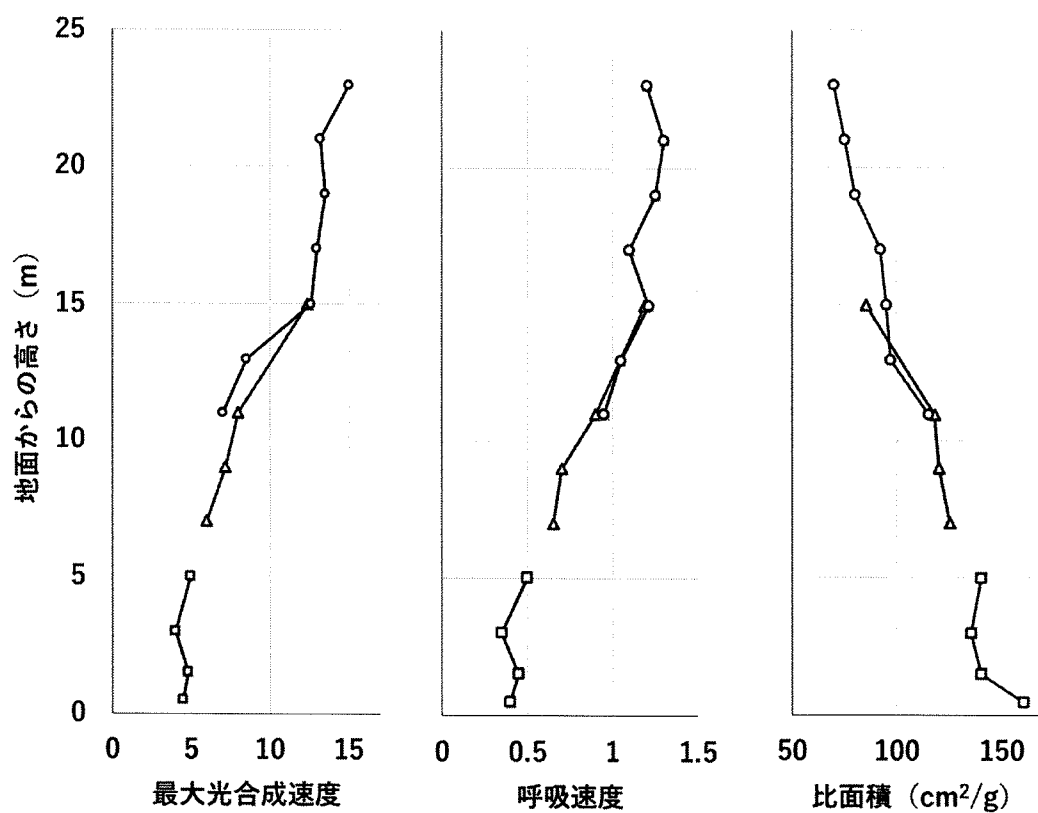


図1 地面からの高さによるツブラジイの葉の性質の変化
 線をつないだ各点は試料を同じ個体から取っていることを示す。
 なお、比面積とは単位重量あたりの面積である。

- 問1. 森林の植生には階層構造が見られることが多い。一般の森林で認められる5つの階層の名称を、最上層から順に解答欄に合う形で記せ。
- 問2. この森林の存在する地域は何というバイオームに属しているか、その名称を記せ。
- 問3. この森林のツブラジイの葉の形状は地面からの高さによってどのように変わるか。図1から読み取れることを、簡潔に記せ。
- 問4. 図1の最大光合成速度と呼吸速度は葉の単位面積あたりの値であり、どちらも同じ単位で測られている。これらの値は何を測ったものであるか、それぞれ記せ。
- 問5. 図1をもとに高さ5mと15mに位置する葉について光の強さと二酸化炭素吸収速度との関係を示すグラフをそれぞれ描きなさい。横軸の目盛は不要であるが、縦軸には図1のグラフをもとに算出した数値（小数第一位）を入れ、両者のグラフの違いがわかるように描くこと。

生

生 物

【B】 日本では、シカの分布拡大と個体数増加による生態系破壊が深刻化している。シカは個体数が増えやすく減りやすい動物であるため、①生命表を作成し密度管理をおこなうことが必要とされている。表1の生命表に、あるシカ個体群を観測した1年目と2年目の年齢別個体数、個体あたりの1年後の生存率、個体あたりの1年後の繁殖率を示した。シカは一夫多妻制で、妊娠したメスは年に1頭の子を産む。

表1 生命表

観測年	年齢	オス		メス			全個体数
		個体数	個体あたりの生存率	個体数	個体あたりの生存率	個体あたりの繁殖率	
1年目	1才未満	150	0.4	150	0.4	0	1000
	1・2才未満	60	0.9	60	1	0.2	
	2才以上	260	0.9	320	1	1	
2年目	1才未満	(あ)		(い)			1120
	1・2才未満	(う)		(え)			
	2才以上	(お)		(か)			

問6. 表1の(あ)～(か)に入る最も適切な数値を記せ。ただし、出生性比は(1:1)とする。

問7. 個体数抑制のため観測1年目の個体群について、繁殖期よりも前の捕獲除去を計画した。次の(a)～(f)から2年目の全個体数が最小になる方法を選び、予想される全個体数とともに記せ。ただし、捕獲除去が生存率や繁殖率に与える影響はないものとし、表1に示した値を用いて算出せよ。

- (a) 1才未満のオス個体を100個体捕獲除去する
- (b) 1才未満のメス個体を100個体捕獲除去する
- (c) 1才未満と2才以上のオス個体をそれぞれ50個体捕獲除去する
- (d) 1才未満と2才以上のメス個体をそれぞれ50個体捕獲除去する
- (e) 2才以上のオス個体を100個体捕獲除去する
- (f) 2才以上のメス個体を100個体捕獲除去する

問8. 下線部①について、密度管理のために生命表を作成する利点を説明せよ。

問9. 野生鳥獣の個体群管理において、個体数を減らしすぎると、個体群が消滅する危険性が高くなる。この理由を述べた次の文中の(ア)～(キ)に当てはまる最も適切な語句を、下記の語句一覧から選んで記せ。ただし、各語句の使用は一度のみとする。

分断化、(ア)化した小さな個体群には、次のような消滅を加速する要因が作用する。まず、偶然によって個体群の(イ)にかたよりが起こることがある。また、近親の個体同士の交配(近親交配)が起こりやすく、その結果、生存に(ウ)な遺伝子が(エ)接合になり、表現型として現れる可能性が高い。この現象を(オ)という。さらに、遺伝的浮動により生存に(ウ)な遺伝子の蓄積も起こる。これらの要因が連動して繰り返されると、個体群を構成する個体の(カ)が低下し、(キ)へと向かわせる。この現象を(キ)の渦という。

<語句一覧>

孤立, 集団, 進化, 性比, 絶滅, ホモ, 有害, 有利, 血縁度, 適応度, ヘテロ, 近交弱勢, 種間競争

生物 問題 II

次の文章を読み、下の問に答えよ。なお、A はアデニン、C はシトシン、G はグアニン、T はチミン、U はウラシルを示す。

バクテリオファージ（以下、ファージという）は大腸菌など細菌に感染して増殖する①ウイルスである。ファージが大腸菌に感染すると、菌体内で新しい子孫ファージが増殖して大腸菌の細胞壁を溶解して外に放出される。このようなファージの生活環を溶菌サイクルという。大腸菌とファージを混ぜて培養皿の上で培養すると、大腸菌が溶解して生じた透明な部分（溶菌斑）によって溶菌を容易に観察することができる。（あ）とチェイスは、ファージが DNA とタンパク質で構成されていることに着目して、②ファージの DNA とタンパク質を、異なる放射性同位元素で標識して大腸菌に感染させる実験をおこなった。その実験で、大腸菌の内部に DNA だけが送り込まれて多数の次世代ファージがつくられることを明らかにして、DNA が遺伝子の本体であることを証明した。

1950 年代には T4 ファージの *rIIB* 遺伝子が溶菌の制御に重要であることがわかっていた。*rIIB* 遺伝子の突然変異によって正常な *rIIB* タンパク質がつかれないと、大腸菌の溶菌が早く生じて溶菌斑が大きくなることが観察される。クリックとブレナーは、突然変異を誘発する化学物質を用いて、*rIIB* 遺伝子のどこかの領域に 1 塩基の挿入または欠失をもつ様々な変異体を作製した。ある 1 か所に 1 塩基の挿入をもつ変異体 X では、溶菌が野生型より早く生じた。ある 1 か所に 1 塩基の欠失をもつ変異体 Y でも、溶菌が早く生じた。また、異なる 2 か所でそれぞれ 1 塩基の挿入をもつ変異体 X2 でも溶菌が早く生じた。一方、③溶菌が早く生じた変異体 X の 1 塩基挿入と、変異体 Y の 1 塩基欠失を同時にもち変異体 Z では、溶菌に要する時間は野生型と同じで変化がなかった。同様に、異なる 3 か所で 1 塩基の挿入をもつ別の変異体 X3 でも溶菌に要する時間は変化がなかった。これらの研究結果にもとづいて、タンパク質のアミノ酸配列は、重ならない連続した 3 個の RNA 塩基からなるコドンにより指定されることが解明された。

その後、アミノ酸を指定する RNA の塩基配列を調べる研究が加速した。大腸菌をすりつぶして得た抽出液と人工合成 RNA を用いて、④ポリペプチドへの翻訳を調べる実験がおこなわれた。（い）らは、ウラシルだけからなる人工 RNA (UUUUU...) と、フェニルアラニンを大腸菌の抽出液内で反応させると、ポリペプチドが合成されることを示した。これにより、UUU がフェニルアラニンを指定することがわかった。また彼らは、CUU の 3 塩基のみからなる人工 RNA が、大腸菌の抽出液中で⑤tRNA (転移 RNA) を介してロイシンと結合することを実験で明らかにした。（う）らも同様の実験をおこなって、⑥表 1 に示すように、特定の塩基配列をもつ種々の人工 RNA を用いて、RNA の塩基配列とアミノ酸との対応関係を丹念に調べた。このようにして試験管内の実験が繰り返されて、mRNA (伝令 RNA) の塩基配列とタンパク質のアミノ酸配列との対応関係、すなわち“遺伝暗号表”が解明された。

表 1 人工 RNA の塩基配列と合成されたポリペプチド

	人工 RNA の塩基配列	合成されたポリペプチド
実験 1	CU の繰り返し CUCUCUCU...	ロイシンとセリンが交互に配列したポリペプチド
実験 2	CCU の繰り返し CCUCCUCCU...	プロリン、ロイシン、セリンのいずれかだけからなるポリペプチド
実験 3	UUC の繰り返し UUCUUCUUC...	フェニルアラニン、ロイシン、セリンのいずれかだけからなるポリペプチド

生

生 物

問1. (あ)～(う)に当てはまる人名を、下記の人名群から選び、それぞれ記せ。

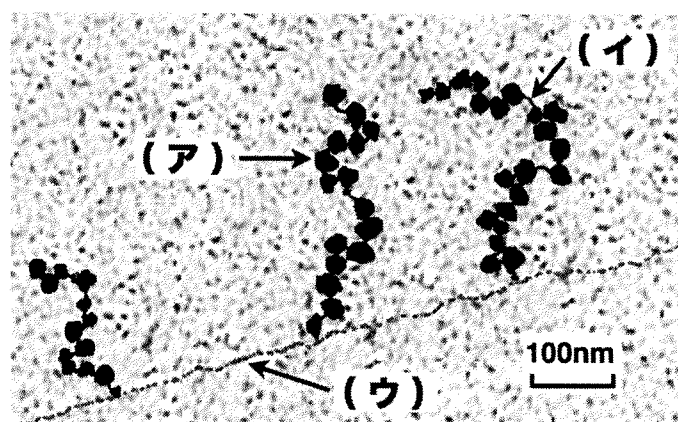
エイブリー コラーナ スタール ニーレンバーグ ハーシー ワトソン

問2. 下線部①について、ウイルスは生物の基本的特徴のいくつかを欠いているため、非生物として扱われることが多い。ウイルスには欠けている生物の基本的特徴を2つあげよ。

問3. 下線部②について、DNAとタンパク質を区別するための標識として最も適切な元素を、それぞれ元素記号で記せ。

問4. 下線部③は、変異体Zでは*rIIB*遺伝子に1塩基の挿入と1塩基の欠失が同時に存在したが、*rIIB*タンパク質が合成されて正常に機能したことを示している。しかし、同一遺伝子上に1塩基の挿入と1塩基の欠失が同時に存在するとき、必ずしも変異体Zのようになるとはかぎらない。その理由は*rIIB*遺伝子に生じた2か所の1塩基変異の位置が関係する。変異体Zの表現型は、*rIIB*遺伝子の2つの変異箇所がどのような位置に存在すると成立するか、考えられる条件を2つあげて簡潔に説明せよ。ただし、1塩基挿入と1塩基欠失の変異以外の塩基配列はすべて野生型と同じとする。

問5. 下線部④について、下の電子顕微鏡写真は原核細胞における転写と翻訳の様子を示したものである。画像中の(ア)～(ウ)が指すものはそれぞれ何か、最も適切な語句を記せ。



問6. 下線部⑤について、細胞に含まれるtRNAの種類はタンパク質を構成するアミノ酸の種類よりも多い。その理由をtRNAとアミノ酸の対応関係にもとづいて簡潔に説明せよ。

問7. 下線部⑥について、CUC, UCU, UUCが指定するアミノ酸をそれぞれ記せ。

問8. 4塩基CUAAを繰り返す人工RNAを用いて翻訳を調べる実験をおこなったとき、最長で3つのアミノ酸からなるペプチド鎖が合成され、それ以上の長さのペプチド鎖は合成されなかった。その理由を簡潔に説明せよ。

問9. 遺伝子DNAの塩基配列の一部を下に示す。これは転写の鋳型鎖の塩基配列で、この領域内に翻訳開始コドンにあたる部分が含まれる。このDNAから転写されたmRNAに従って翻訳が進むとき、3番目のアミノ酸を運ぶtRNAのアンチコドンの塩基配列を5'側から記せ。なお、この塩基配列はすべて転写されるものとする。

3'-TACATGGCTGCGTAT-5'

生物 問題 III

次の文章を読み、下の問に答えよ。

愛さんと医太郎さんは大学近くの定食屋で昼食を食べている。

医太郎「刺身定食おいしいね。僕は赤身の魚が大好きなんだ」

愛「私は白身の魚の方が好きかな」

医太郎「同じ魚なのに刺身の色が違うのは不思議だね」

愛「骨格筋は筋繊維（筋細胞）が集まってつくられているけど、筋繊維には速筋繊維（速筋）と遅筋繊維（遅筋）の2種類があるの。魚の種類によって、骨格筋に含まれる速筋と遅筋の割合が違うからね」

医太郎「そっきんとちきん？」

愛「刺身にも科学の知識が詰まってるのよ。速筋と遅筋は筋肉の収縮速度や筋細胞のエネルギー産生の仕方が違うの」

医太郎「筋細胞は呼吸でATPをつくってるんでしょう？」

愛「呼吸は解糖系、①クエン酸回路、電子伝達系の3段階に分けられるでしょう。速筋は遅筋と比べてグリコーゲンの蓄積量が多くて、酵素の活性も高いから素早くATPをつくらることができるの。だから、②速筋は瞬発力を生み出す筋肉に多く含まれているの」

医太郎「なるほど」

愛「遅筋は速筋と比べてミトコンドリアの数が多くて、毛細血管も多いの。だから、速筋と比べて持続的にATPをつくり出すのに優れているのよ」

医太郎「なるほど。ミトコンドリアは内膜にある電子伝達系のタンパク質を使ってATPをつくるんだよね。③光合成と同じようなくみか」

愛「そうね」

医太郎「それと刺身の赤身と白身の違いがどう関係してくるの？」

愛「マグロは回遊魚でしょう。マグロは速い速度で持続的に泳ぐ必要があるから、骨格筋には遅筋が多く含まれているの。④遅筋にはミオグロビンというタンパク質が含まれていて、そのせいで筋肉が赤く見えるのよ。一方、タイとかヒラメは特定の地域で生息して、餌を捕獲する時や外敵から逃げるときに瞬発的に速く泳ぐ性質があるから、速筋が多いの。だから、刺身は白い色になるのね」

医太郎「合格祝いでお寿司を食べるときに披露できる豆知識だね」

問 1. 下線部①について、下記の文章はクエン酸回路で起こるコハク酸を基質とした酸化還元反応に関する実験を説明したものである。(i)～(iii)の間に答えよ。

【実験 1】新鮮な魚の速筋をすり潰して、ガーゼを用いてろ過し、酸化還元酵素を含む酵素液を抽出した。この酵素液をツンベルク管の主室に入れ、副室にコハク酸ナトリウムとメチレンブルーを混ぜ合わせた液を入れた(図 1)。その後、ツンベルク管内の空気を除き、密閉した後、ツンベルク管を傾けて副室の溶液と主室の溶液をよく混合した。ツンベルク管を一定温度に保ち、溶液の色の変化を観察した。その結果、図 2 の①のように色が変化した。これはコハク酸が (A) され、メチレンブルーが (B) されたためである。

【実験 2】副室にコハク酸ナトリウム、メチレンブルーと共にマロン酸を入れ、実験 1 と同じ操作をおこなった。その結果、メチレンブルーの青色は図 2 の③のように変化した。次にメチレンブルー、マロン酸の量は変えずにコハク酸ナトリウムの量を増やすと②のように色が変化した。

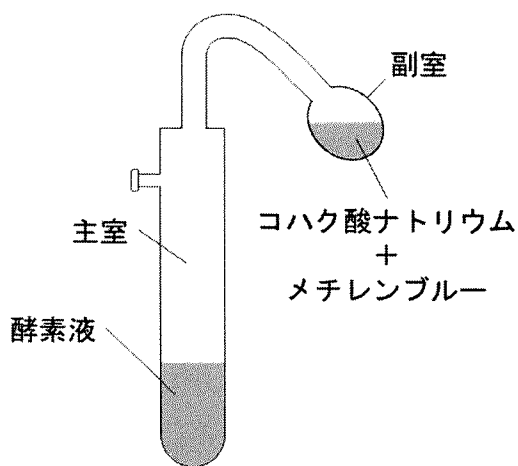


図 1 ツンベルク管の模式図

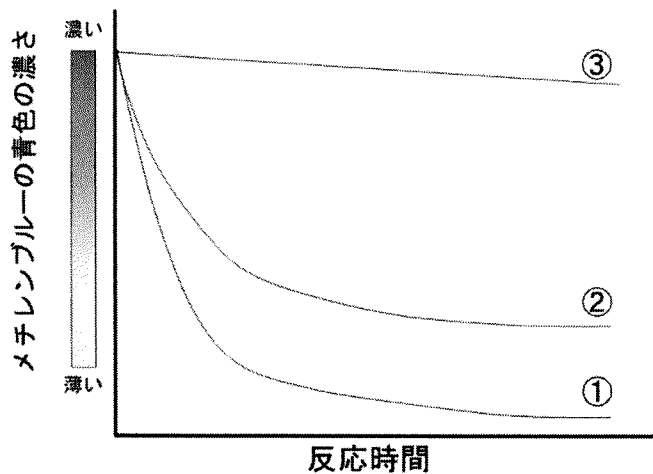
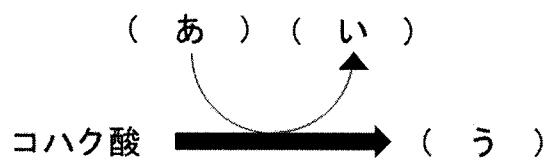


図 2 メチレンブルーの色の変化

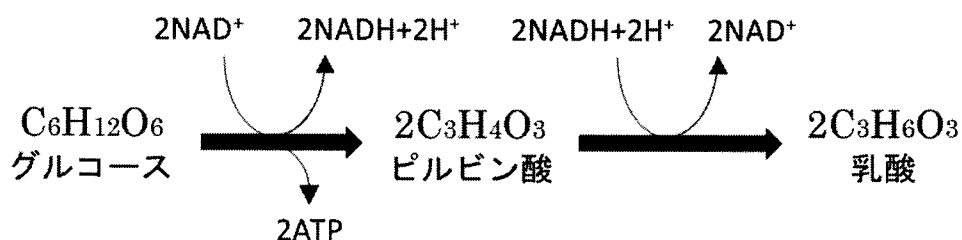
(i) (A), (B) に当てはまる語句を記せ。

(ii) この実験でおこっている化学反応について、(あ)～(う) に当てはまる語句を記せ。ただし、(あ), (い) は補酵素、(う) はコハク酸から生成される化合物である。



(iii) マロン酸を加えることによって、なぜメチレンブルーの色は図 2 の③のように変化したのか。実験 2 の結果をふまえて、理由を記せ。

問2. 下線部②について、激しい運動をおこなう場合、速筋は酸素が不足する状態で筋収縮を続ける。このとき、筋細胞では下図のように乳酸発酵と同じ反応過程でグルコースを分解し、ATPを産生する。この現象を何というか、記せ。また、なぜ酸素が不足する状態のとき、筋収縮を続けるために筋細胞ではこのような反応が起こるのか、その理由を記せ。



問3. 下線部③について、(i)～(iii)の間に答えよ。

(i) 光合成において、電子伝達系のタンパク質を使ってATPを合成する反応を何というか、記せ。

(ii) 光合成の電子伝達系において、最初に電子を与えるもの(電子供与体)と最後に電子を受け取るもの(電子受容体)を記せ。

(iii) ATP合成について、真核生物の呼吸と植物の光合成に共通するしくみはどのようなものか、説明せよ。

問4. 下線部④について、ミオグロビンはヘモグロビンと同様に酸素に結合するタンパク質である。ある哺乳類の遅筋と血液からミオグロビンとヘモグロビンをそれぞれ抽出した溶液を作製し、溶液の温度、二酸化炭素濃度を一定にして、酸素濃度を変化させ、ミオグロビンとヘモグロビンが酸素に結合する割合を調べた。下のグラフはその結果を示したものである。この生物の遅筋が収縮運動を繰り返して酸素を激しく消費しているとき、遅筋への酸素供給はどのように行われているか、下のグラフが示す結果をふまえて説明せよ。なお、横軸の酸素濃度は肺胞における酸素濃度を100とした場合の相対値を示している。

