

選 択 科 目

(医 学 部)

— 2月6日 —

物 理 }
化 学 } この中から1科目を選択して解答しなさい。
生 物 }

科 目	問 題 の ペ ー ジ
物 理	1～4
化 学	5～9
生 物	10～17

生 物

1

次の文章を読み以下の間に答えなさい。

地球上には大きさも形も様々な生物が存在しているが、肉眼でみることのできる大きさには限度がある。17世紀には光学顕微鏡で微小な生物や生物を構成する細胞などが観察できるようになった。さらに20世紀に電子顕微鏡が発明されると多くの細胞内小器官の詳細な構造やウイルス、ファージなどの非常に小さいものが観察できるようになった。

問1 2つの点を次第に近づけていくとそのうち1つの点のようにみえる。接近した2点を2点として見分けることのできる最小の2点間距離を分解能という。次のうち光学顕微鏡の分解能はどの程度か。最も近いと思われるものを選び、記号で答えなさい。

- a. $200\ \mu\text{m}$ b. $20\ \mu\text{m}$ c. $2\ \mu\text{m}$ d. $200\ \text{nm}$ e. $20\ \text{nm}$

問2 電子顕微鏡の分解能はどの程度か。当てはまるものを記号で答えなさい

- a. $2\ \mu\text{m}$ b. $0.2\ \mu\text{m}$ c. $20\ \text{nm}$ d. $2\ \text{nm}$ e. $0.2\ \text{nm}$

問3 次の①～⑤の生物、細胞、細胞内小器官、あるいはウイルスの大きさはおよそどの程度か。適切な答えを選択し、記号で答えなさい。なお、同じ記号を複数回使用してもよい。

- ① ヒトの卵細胞 ② ヒトの赤血球 ③ 大腸菌 ④ 細胞膜の厚さ ⑤ エイズウイルス

- a. $100\sim 500\ \mu\text{m}$ b. $10\sim 50\ \mu\text{m}$ c. $1\sim 10\ \mu\text{m}$ d. $0.1\sim 0.5\ \mu\text{m}$ e. $1\sim 10\ \text{nm}$

問4 光学顕微鏡でボルボックスの直径を測定したい。そこで、10倍の接眼レンズに接眼マイクロメーターをセットし、10倍の対物レンズで1mmを100等分したためもりの対物マイクロメーターを貼り付けたスライドガラスを観察したところ、図1の样に見えた。次に同じ倍率でボルボックスを観察したところ、図2の样に見えた。ボルボックスの直径はいくらになるか計算し、答えだけを書きなさい。

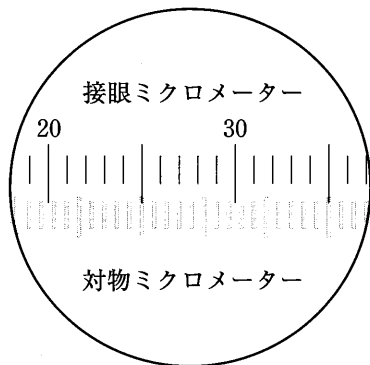


図1 (拡大図)

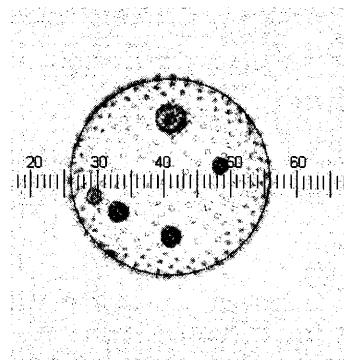


図2

2

以下の(1)～(3)の文章を読み、各問に答えなさい。

- (1) ヒトをはじめとするほ乳類や鳥類などでは外界の気温に関わらず体温はほぼ一定に保たれることから、これらの動物は(ア)動物と呼ばれる。一方、それ以外の動物は体温が外界の温度によって変化することから(イ)動物と呼ばれる。ヒトでは皮膚にある感覚点である(ウ)と(エ)から外界の温度変化を感知し、これに血液の温度変化の情報が統合されて、(オ)にある体温調節中枢に送られる。

問1 空欄(ア)～(オ)に語句を入れなさい。

問2 血液の温度変化を感知する脳の部位の名称を答えなさい。

問3 ヒトの身体の組織・器官で最も大量に熱を放出するのはどこか。その名称を答えなさい。

- (2) ヒトの身体の中で体熱の大きな産生部位として骨格筋がある。従って骨格筋の異常な収縮は体温上昇の原因となる。骨格筋の筋原繊維には(カ)というタンパク質から成る太いフィラメントと(キ)から成る細いフィラメントが規則的に配列している。筋の収縮のエネルギーは(ク)によって供給される。筋の弛緩状態では筋原繊維をとりまく(ケ)に貯蔵されている(コ)イオンは運動神経からの活動電位によって筋繊維が興奮すると細胞質中に放出され、その結果、筋の収縮が起こる。この(コ)イオンが(ケ)から細胞質へ放出される過程が遺伝的に亢進しているヒトがいる。このようなヒトでは麻酔薬などの薬剤で異常な筋収縮の亢進が起こり、薬剤投与後速やかに筋の硬直と40℃以上の発熱が認められることがあり、悪性高熱症と呼ばれている。

問4 空欄(カ)～(コ)に語句を入れなさい。

- (3) ヒトでは体温が低下するとそれに対応する指令が体温調節中枢から出される。自律神経系では(サ)神経が働き、皮下の(シ)や立毛筋などの収縮が起こる。さらに心臓では拍動亢進などが認められる。これらと同時に内分泌系も働き、(ス)、(セ)などのホルモンが分泌される結果、肝臓では(ソ)が認められ、熱の発生量が増加する。

問5 空欄(サ)～(ソ)に語句を入れなさい。

- 問6 細菌感染症などでは体温が上昇し発熱することが多い。その機序の第一段階として細菌由来の毒素や炎症による産物がマクロファージに作用することがあげられる。マクロファージがどのような機序によって体温上昇を起こすのかを、句読点を含めて40字以内で書きなさい。

生 物

3

肝臓で産生され、血液中に分泌されるあるタンパク質は、血液凝固反応において、トロンビンの活性を抑制する重要な役割を持っている。肝臓の組織から、このタンパク質について、次のような塩基配列を有する伝令 RNA (mRNA) が取り出された。この mRNA は開始コドンから停止コドンの直前までが翻訳され、その結果、トロンビンの活性を抑制する下線 A のタンパク質が合成される。コドン表を参考にして以下の問に答えなさい。(右端の数字は、各行の一番右の塩基が第一塩基から数えて何番目の塩基になるかを表している。)

第一塩基

↓

GAAUUCGAGC UCGCCCCGGC CAUGUAUUCC AAUGUGAUAG GAACUGUAAC 50
開始コドン

— (途中省略) — UUCCCAUGAA UCCCAUGUGC AUUUACCGCU CCCC GGAGAA 200
(a)

— (途中省略) — GAAGCAGCUG CAAGUACCGC UGUUGUGAUU GCUGGCCGUU 1300
(c)

CGCUAAACCC CAACAGGGUG ACUUUCAAGG CCAACAGGCC UUUCCUGGUU 1350

UUUAUAAGAG AAGUCCUCU GAACACUAUU AUCUUCAUGG GCAGGGUAGC 1400
(b)

CAACCCUUGU GUUAAGUAAA AUGUUCUCUA AUGUUCUCUA — (以下省略)
停止コドン

コドン表

1 番目の塩基	2 番目の塩基				3 番目の塩基
	U	C	A	G	
U	UUU } フェニル	UCU } セリン	UAU } チロシン	UGU } システイン	U
	UUC } アラニン	UCC } セリン	UAC } チロシン	UGC } システイン	C
	UUA } ロイシン	UCA } セリン	UAA (終止)	UGA (終止)	A
	UUG } ロイシン	UCG } セリン	UAG (終止)	UGG トリプトファン	G
C	CUU } ロイシン	CCU } プロリン	CAU } ヒスチジン	CGU } アルギニン	U
	CUC } ロイシン	CCC } プロリン	CAC } ヒスチジン	CGC } アルギニン	C
	CUA } ロイシン	CCA } プロリン	CAA } グルタミン	CGA } アルギニン	A
	CUG } ロイシン	CCG } プロリン	CAG } グルタミン	CGG } アルギニン	G
A	AUU } イソロイシン	ACU } トレオニン	AAU } アスパラ	AGU } セリン	U
	AUC } イソロイシン	ACC } トレオニン	AAC } ギン	AGC } セリン	C
	AUA } イソロイシン	ACA } トレオニン	AAA } リシン	AGA } アルギニン	A
	AUG } メチオニン (開始)	ACG } トレオニン	AAG } リシン	AGG } アルギニン	G
G	GUU } バリン	GCU } アラニン	GAU } アスパラ	GGU } グリシン	U
	GUC } バリン	GCC } アラニン	GAC } ギン酸	GGC } グリシン	C
	GUA } バリン	GCA } アラニン	GAA } グルタミン酸	GGA } グリシン	A
	GUG } バリン	GCG } アラニン	GAG } グルタミン酸	GGG } グリシン	G

問1 下線部(a)は、どのような DNA の塩基配列から由来しているか。鋳型となる DNA の塩基配列を書きなさい。

問2 以下の設問に答えなさい。

- ① 下線部(b)に含まれるコドンは、どのアミノ酸に翻訳されるかを翻訳される順番に答えなさい。ただし、下線部(b)以前では、翻訳は停止しないものとする。
- ② そのときに使われる運搬 RNA (tRNA) のアンチコドンの塩基配列を答えなさい。

問3 下線 A のタンパク質は、何個のアミノ酸から構成されるかを答えなさい。

問4 下線 A のタンパク質を作り出す遺伝子 DNA の異常によって疾患を発症しているある家系が存在する。男性患者及びその両親、妻、子供3人(長男、次男、長女)の3世代全員について血液検査を行い、血清中の下線 A で示されたタンパク質のトロンビンを抑制する機能を測定した。男性患者、父親、長男、長女において、いずれも健常人の約 50%に低下していた。また、父親、長男、長女ともこの男性患者と同じ症状を訴えたことがあり、治療を受けている。

- ① この疾患の遺伝形式を答えなさい。
- ② 男性患者とその長男の血液から採取した遺伝子 DNA の塩基配列を解析し、疾患の原因となる遺伝子異常を調べたところ、下線部(c)に対応する DNA の1塩基の欠失を認め、それ以外の塩基配列には異常を認めなかった。この家系における表現型を考える場合、遺伝子 DNA から下線 A で示されたタンパク質が産生される過程にどのような異常が生じると考えられるか。句読点を含めて 100 字以内で説明しなさい。

問5 問4の家系で疾患を発症している人は、以下のどの項目に当てはまるか。当てはまるものの組み合わせのうち正しいものを選び、記号で答えなさい。

- a. 切り傷からの出血が止まらない
- b. 軽い打撲で皮下に出血する
- c. 血栓のできるエコノミークラス症候群になりやすい
- d. 凝固因子製剤の投与を必要とする
- e. 抗凝固剤の投与を必要とする

あ) a と b い) b と c う) a と e え) c と e お) a と c と d

4 呼吸に関する以下の間に答えなさい。

酒やパンの製造に用いられる酵母は、酸素が少ないときにはグルコースを(①)と二酸化炭素に分解する代謝経路で ATP を生成する。この反応では、まずグルコースが2分子の(②)に分解され、次いで(①)と二酸化炭素に分解される。このとき得られる ATP は、グルコース1分子当たり(③)分子である。動物の筋肉は、活動が激しいとき、無酸素状態でエネルギーを得る事ができる。この場合、筋肉はグルコースや(④)を嫌気呼吸により乳酸に分解し、エネルギーを得ている。この過程を(⑤)という。

一方、酸素を用いてグルコースを(⑥)分子の二酸化炭素と水に分解する過程で得られる ATP の数は、グルコース1分子当たり(⑦)分子である。この過程では、グルコースから生成する(②)は細胞小器官(⑧)の中に入り、炭素2つの化合物の形で(⑨)に組み込まれて段階的に分解される。この細胞小器官の内膜は層状または管状に陥入しており、この陥入したつくりは(⑩)と呼ばれる。内膜にはシトクロームや種々のタンパク質が組み込まれた(⑪)が存在している。グルコースが分解される過程で外された水素は(⑫)と電子に分かれる。電子は、(⑪)のタンパク質の間をつぎつぎに受け渡されていき、その際マトリックス内の(⑫)を内膜の外に輸送する。内膜の外側で高濃度になった(⑫)は、(⑬)を介して濃度の低いマトリックス内に戻ろうとする。その駆動力を利用して ATP が合成される。

呼吸によって発生した二酸化炭素と吸収した酸素との体積比(CO_2/O_2)は呼吸商と呼ばれる。炭水化物が呼吸基質の場合の呼吸商は1となり、脂質やタンパク質が呼吸基質となる場合には、呼吸商は1より小さくなる。同じ重さのコムギとヒマ(トウゴマ)の発芽種子を用いて酸素吸収量と二酸化炭素放出量を測定して表の結果を得た。

表

実験例		酸素吸収量	二酸化炭素放出量
コムギ	1	17.9	17.6
	2	15.8	15.7
	3	13.9	13.7
	4	11.3	11.5
	5	8.0	7.8
ヒマ	1	19.5	14.5
	2	18.3	12.5
	3	15.0	10.0
	4	10.5	8.0
	5	9.0	7.0

(数値は体積の相対値を示す)

問1 空欄(①)～(⑬)に当てはまる適当な語句あるいは数字を解答欄に記入しなさい。

問2 表より、コムギとヒマの呼吸商の平均値を解答欄に記入しなさい。ただし、答えは、小数点以下第3位を四捨五入し、小数点以下二桁の数字で示しなさい。

問3 問2で求めた、コムギ、ヒマの呼吸商から、呼吸に使用されたそれぞれの種子中の貯蔵物質についてどんなことが言えるか。句読点を含めて55字以内で述べなさい。

5 以下の文章を読んで問に答えなさい。

B細胞やT細胞の表面には抗原受容体と呼ばれるタンパク質が存在している。抗原受容体の先端は細胞ごとにアミノ酸配列が異なり、この部分で様々な抗原に結合することができる。この部分を可変部と呼ぶ。B細胞の抗原受容体が体液中に分泌されたものが抗体である。抗原受容体のアミノ酸配列が細胞ごとに異なるのは、抗原受容体の遺伝子が細胞ごとに異なった組換えを起こすためである。図1にその概略を示す。

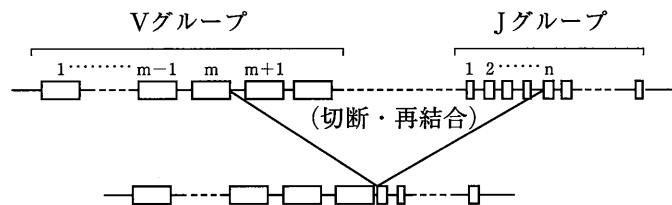


図1

Vグループ、Jグループは、塩基配列の異なる複数の遺伝子断片からなり、これらから無作為に選ばれた各1つ(図1ではmとn)の遺伝子断片が連結して、抗原受容体の可変部領域の遺伝子ができあがる。この時mの右側、nの左側でDNAは切断、再結合し、両者にはさまれた部分は失われることになる。細胞ごとにV、Jの組み合わせが異なるため、多様な配列の遺伝子が生じるのである。このことを確認するために、以下の実験を行った。なお、ガン化したT細胞XおよびT細胞Yは1つのT細胞が分裂して増えたもので、それぞれ固有の抗原受容体を持っているものとする。

(材料)

ハツカネズミの肝臓から抽出したDNA

ハツカネズミのガン化したT細胞Xから抽出したDNA

同 Yから抽出したDNA

制限酵素EcoRI、BamHIはそれぞれDNA上のGAATTC、GGATCCという配列を認識して切断する。肝臓、T細胞X、T細胞YのDNAをEcoRIまたはBamHIで処理する。この処理により、それぞれのDNAは様々な長さのDNA断片を含む混合物となる。これらを寒天ゲルの一端に置き両端に電圧をかけてやると、DNA断片は通常条件で(I)に帯電するため、(II)電極の方向に移動する。このときDNA断片は長さが長いほど受ける抵抗が大きくなるので、移動度が小さくなる。こうして上記の混合物をDNA断片の長さにしたがって寒天ゲル内で分離することができる。この後、寒天ゲルを移動距離に従って分断し、それぞれの寒天ゲル断片からDNAを回収する。

図2はハツカネズミ肝臓DNAのうち、T細胞抗原受容体遺伝子の一部を含む部分を示している。(a)~(e)はEcoRI、(f)~(h)はBamHIによって切断される場所を示す。数値はそれぞれの間のDNAの長さであり、単位はkb(キロベース、すなわち1000塩基対)である。c-dで挟まれる2.1kbの断片はT細胞抗原受容体可変部の一部の遺伝子を含んでいることがわかっている。この断片を鋳型にしてcからdの方向に1本鎖DNAを合成し、放射線を発する分子によって標識した。これを放射線標識プローブと呼ぶ。

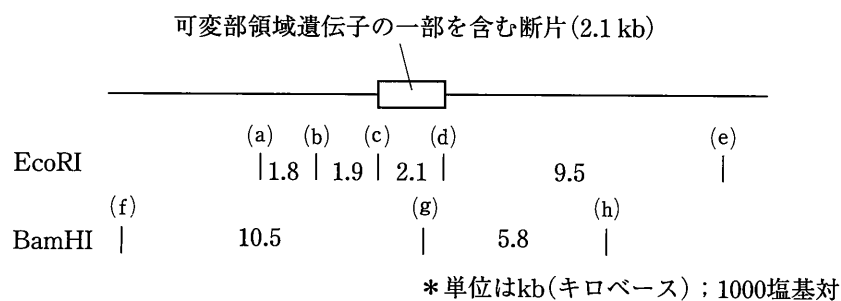


図2

上記のように寒天ゲルを用いて分離した DNA 断片と放射線標識プローブを混合して加熱すると、DNA の 2 本鎖がほどけて 1 本鎖となる。その後温度を下げてやると再び相補的な塩基が結合して 2 本鎖となるが、このとき放射線標識プローブは相補的な配列の DNA 断片と結合して 2 本鎖になることができる。反応後のサンプルから 1 本鎖 DNA を除去して、2 本鎖 DNA に含まれる放射活性を測定すれば、サンプルの DNA 断片に放射線標識プローブと相補的な配列が含まれていたかどうかを知ることができる。この操作をハイブリッド形成と呼んでいる。なお、本実験において、サンプルの DNA 断片に 0.1 kb より長い相補的配列が含まれば、放射線標識プローブはサンプルの DNA 断片と安定した結合を作るものとする。

問1 DNA において G, A, T, C が偏り無く並んでいると仮定した場合、下線部(1)の混合物に含まれる DNA 断片の長さは、平均何塩基対となるか。

問2 下線部(2)の (I), (II) に入る適当な語句の組み合わせを以下から選び、記号で答えなさい。

- a. I 正 II 正 b. I 正 II 負 c. I 負 II 正 d. I 負 II 負

図3には、各 DNA 断片の移動度と、ハイブリッド形成後の 2 本鎖 DNA に含まれる放射活性を示している。たとえば肝臓の DNA を EcoRI で切断した場合、放射線標識プローブは c-d 断片とハイブリッド形成を行うので、2.1 kb に放射活性が検出される(図3 A)。肝臓の DNA を BamHI で切断した場合には、放射線標識プローブは g-h 断片、f-g 断片のそれぞれ一部分とハイブリッド形成を行うので 5.8 kb、10.5 kb に放射活性が検出される(図3 B)。一方、T細胞 X、T細胞 Y の DNA を EcoRI で切断した場合、図3 Aで見られた 2.1 kb の放射活性が消失し、新たに2つの放射活性のピークが出現した(図3 C, E)。⁽³⁾ T細胞 X、Y の DNA を BamHI で切断した場合には、5.8 kb の放射活性は変化無く認めしたが、10.5 kb の放射活性は消失し、新たな2つの放射活性のピークが出現した(図3 D, F)。放射活性を示す DNA 断片の大きさが X と Y で異なるのは、それぞれの T細胞抗原受容体遺伝子が (III) ことを意味している。

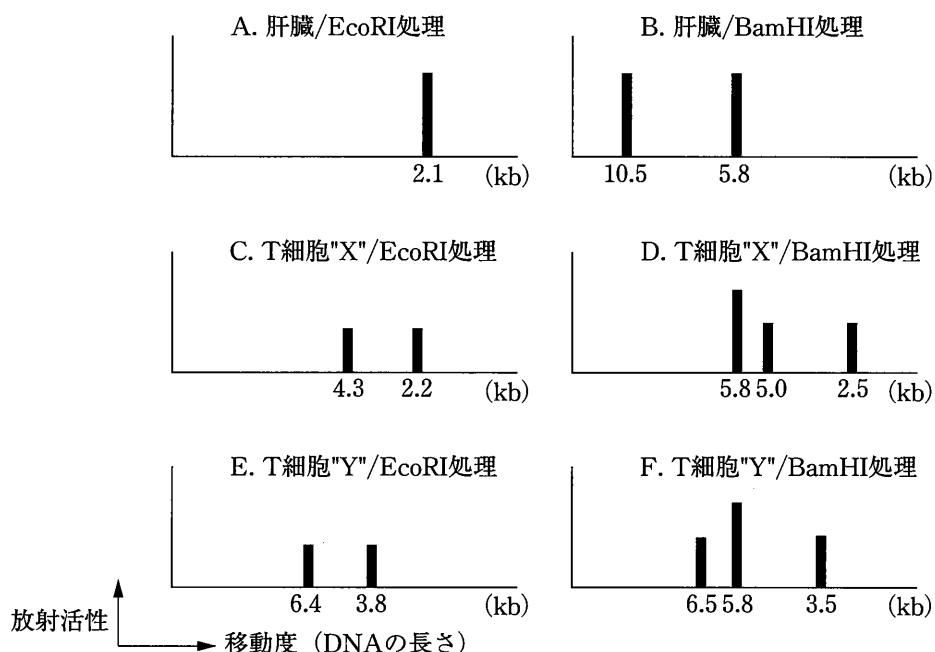


図3

生 物

問3 下線部(3)はT細胞 X, YのDNAにおいて, cまたはd, あるいはc, d両方の位置にある配列 GAATTC が失われた事を示している。図3B, D, Fの結果と併せて考えたとき, 失われた配列 GAATTC は以下のどれと考えられるかを(i)～(iv)の中から選び, その理由を句読点を含めて45字以内で説明しなさい。

- (i) c (ii) d (iii) cとdの両方 (iv) c, dいずれとも言えない

問4 文中の(Ⅲ)に20字以内で適切な言葉を入れなさい。句読点を含める必要はない。

問5 図3C, Dともに放射活性を示す新しい断片が2つ生じている。なぜ2つ生じたのか。考えられることを, 句読点を含めて30字以内で説明しなさい。

メモ・計算用紙