

I ~ **VI** の解答は,

すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。

I

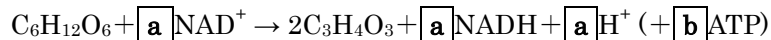
次の文章を読み、問 1～問 6 に答えなさい。

【配点 25】

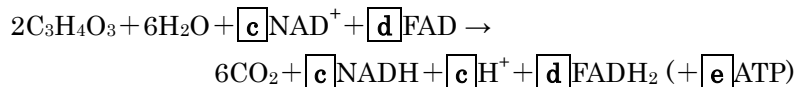
呼吸は、有機物が分解されて二酸化炭素と水ができる過程でエネルギーが放出される反応である。この反応で有機物から放出されたエネルギーは ATP の合成に使われ、ATP が分解されるときに生命活動のエネルギーとして利用される。

呼吸によってグルコースが分解される過程は、(1)解糖系、(2)クエン酸回路、(3)電子伝達系の 3 段階に分けられる。それぞれの反応式を下に示す。

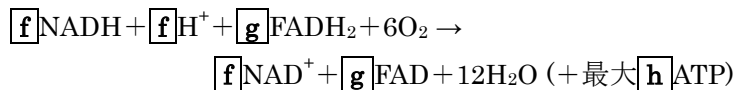
(1) 解糖系:グルコースがピルビン酸に分解され、(A)この過程で放出されたエネルギーの一部が ATP の合成に使われる。



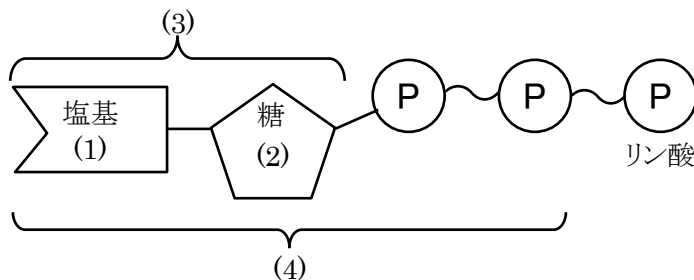
(2) クエン酸回路:ピルビン酸はアセチル CoA に変換され、アセチル CoA はオキサロ酢酸と結合してクエン酸となり、脱炭酸反応などによって CO₂ を放出してオキサロ酢酸になり、回路は一回りする。



(3) 電子伝達系:解糖系やクエン酸回路でできた NADH と FADH₂ が酸化されて、膜を介した H⁺ の濃度勾配ができる。この(B)H⁺ の濃度勾配を利用して ATP 合成酵素が ATP を合成する。



問 1 下図は ATP の構造を模式的に示している。ATP の(1)～(4)の部分に該当する物質名を、略号ではなく日本語で答えなさい。また、(5) ATP 内のリン酸どうしの結合を特に何というか答えなさい。



II

次の文章を読み、問 1～問 6 に答えなさい。

【配点 27】

ヒトやマウスの免疫のしくみには、大きく分けて自然免疫と **a** 免疫がある。自然免疫では、**b**，マクロファージ，樹状細胞などの食細胞が，体内に侵入した細菌などの異物を排除する。**a** 免疫は，細胞性免疫と **c** 免疫に分けられ，それぞれ T 細胞や B 細胞が中心になって働く免疫反応である。これらの免疫細胞が異物を認識し，細胞間で情報伝達を行う過程には，さまざまなタンパク質がかかわっている。食細胞には異物を取り込んでこれを消化・分解して取り除く働きがあり，これを **d** という。**d** は，食細胞の細胞膜に存在する TLR が細菌の細胞壁などの成分を認識することで引き起こされる。また，異物を取り込んだマクロファージや活性化した **e** T 細胞は **f** と呼ばれるタンパク質を分泌する。異物が侵入した組織では，**f** などの働きによって **ア**，さらに **イ** 結果，その部分が熱をもって赤く腫れる。このような一連の反応を **g** という。

ヒトやマウスの細胞表面には，MHC と呼ばれる遺伝子がつくる MHC 分子というタンパク質が存在しており，(A)ヒトの MHC 遺伝子は HLA 遺伝子とも呼ばれる。樹状細胞には，取り込んだ異物タンパク質の断片(抗原)をのせた MHC 分子を細胞表面に発現する働きがあり，これを **h** という。一方，T 細胞の表面には TCR が存在しており，(B)樹状細胞の MHC 分子と T 細胞の TCR の働きによって，特定の T 細胞だけが活性化される。ウイルスに感染した細胞などを **i** T 細胞が攻撃する場合にも，MHC 分子と TCR が重要な役割を果たす。

一方，B 細胞が抗体産生細胞となつてつくる抗体は **j** というタンパク質で，認識する抗原の種類によってアミノ酸配列が異なる可変部と呼ばれる領域をもっている。抗体の場合と同じように，TCR にも可変部が存在しており，多様な抗原を認識する領域となっている。

問 1 文中の **a** ～ **j** に入る最も適切な語句を答えなさい。

問2 文中の **ア** に入る最も適切なものを、次の①～④のうちから1つ選び、記号で答えなさい。

- ① 血管が収縮して血流が増え
- ② 血管が収縮して血流が減り
- ③ 血管が拡張して血流が増え
- ④ 血管が拡張して血流が減り

問3 文中の **イ** に入る最も適切なものを、次の①～④のうちから1つ選び、記号で答えなさい。

- ① 白血球が引き寄せられる
- ② 白血球が近寄れなくなる
- ③ 赤血球が引き寄せられる
- ④ 赤血球が近寄れなくなる

問4 文中においてアルファベットの略号で表記されている TLR, MHC, TCR について、それぞれ日本語の用語を答えなさい。

問5 下線部(A)について、医療において臓器移植を行う場合には、移植を受ける者(受給者)に引き起こされる免疫反応が問題となる。この免疫反応を軽減させる目的で、臓器提供者と受給者の HLA 遺伝子が一致する組み合わせで移植を行うことが望ましい。しかし、同一両親の兄弟姉妹以外で一致する人が見つかる確率は非常に低い。次の(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 臓器移植を受けた受給者がこれを排除しようとする免疫反応を何というか。
- (2) 同一両親の兄弟姉妹で HLA 遺伝子が一致する確率は一般に何%か。
- (3) 同一両親の兄弟姉妹以外では HLA 遺伝子が一致する人が見つかる確率が非常に低い理由を、HLA 遺伝子の特徴にもとづいて簡潔に述べなさい。

問6 下線部(B)について、活性化される特定の T 細胞とはどのような T 細胞か、簡潔に述べなさい。

Ⅲ

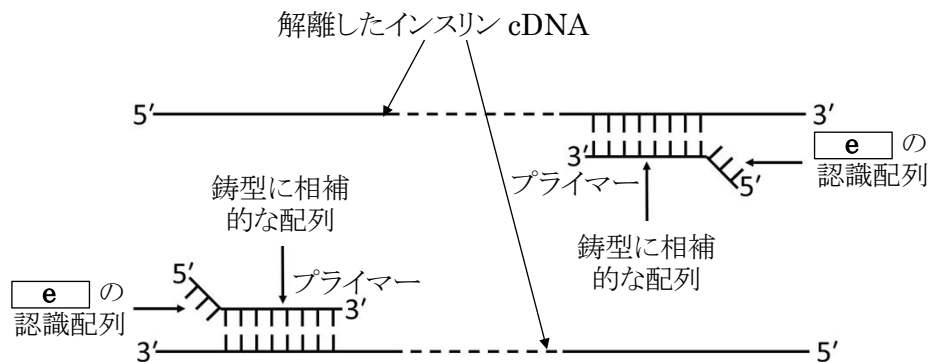
次の文章を読み、問 1～問 7 に答えなさい。

【配点 26】

血糖値(血液中のグルコース濃度)は、自律神経系と内分泌系によって調節されており、(A)ヒトの血糖値はほぼ一定の範囲に保たれている。食事の後に血糖値が上昇すると、すい臓のランゲルハンス島の B 細胞が分泌するインスリンの量が増える。インスリンは、肝臓や筋肉におけるグルコースの取り込みを促進するとともに、**a** の合成を促進させて血糖値を下げる。このしくみが働かないと、慢性的に高い血糖値となる。このような症状の病気を **b** という。**b** の患者では、血糖値が高いため、腎臓のネフロン**c** でのグルコースの再吸収が間に合わず、グルコースが尿中に排出されることがある。

b の治療には、以前はウシやブタから抽出されたインスリンが用いられていたが、免疫が過敏に働く反応である **d** などを引き起こすという問題があった。しかし、遺伝子組換え技術を用いて(B)ヒトのインスリンを大腸菌に作らせることで、これらの問題を解決することができた。その一例を以下に示す。

まずヒトのインスリンの mRNA に相補的な塩基配列をもつ 2 本鎖 DNA(これを cDNA という)を作製する。次に(c)この cDNA を鋳型として、下図のように **e** の認識配列を含む 2 種類のプライマーを用いて PCR を行うことにより、ヒトのインスリン cDNA を含む DNA 断片を増幅させる。増幅した DNA 断片とプラスミドを同じ **e** で切断し、これらの DNA に **f** を作用させて連結し、ヒトのインスリン cDNA を含むプラスミドをつくる。(d)このプラスミドを大腸菌に取り込ませることによって、ヒトのインスリンを大腸菌につくらせる。



- 問 1 文中の **a** ～ **f** に入る最も適切な語句を答えなさい。
- 問 2 下線部(A)のように、体内環境を一定に保とうとする性質を何というか答えなさい。
- 問 3 下線部(B)について、**d** の解決以外で、大腸菌に作らせる利点を簡潔に述べなさい。
- 問 4 下線部(C)について、DNA 合成におけるプライマーの役割を簡潔に述べなさい。
- 問 5 下線部(C)について、PCR 法における、2 本鎖 DNA の解離、プライマーの結合、DNA の合成を合わせて 1 サイクルとして、これを 3 サイクル繰り返すと、(1) 2 本鎖 DNA は理論上何倍になるか答えなさい。(2) 生成した 2 本鎖 DNA のうち、両末端側に **e** の認識配列をもち、目的の塩基配列のみからなる DNA 断片の割合は何%か答えなさい。
- 問 6 下線部(D)のように、大腸菌に外来性の遺伝子が入ることにより、その遺伝子が発現して大腸菌の性質が変わることを何というか答えなさい。
- 問 7 インスリン遺伝子について、次の(1)と(2)に答えなさい。必要であれば四捨五入して、小数第 1 位まで求めなさい。
- (1) ヒトのインスリン遺伝子の DNA の長さを 1430 塩基対とし、その中に窒素原子が 10935 個含まれるとすると、ヌクレオチド 1 個あたりに含まれる窒素原子の平均の数はいくつか。
- (2) ヒトのインスリン遺伝子の DNA の 1430 塩基対のうち、アデニンが 505 個含まれるとすると、チミンは何個含まれるか。また、グアニンが占める塩基の割合は何%か。

IV

次の文章を読み、問 1～問 8 に答えなさい。

【配点 23】

遺伝情報は DNA→RNA→タンパク質へと一方向に流れる。この遺伝情報の流れに関する原則を **a** という。真核細胞では、転写は核内で行われる。遺伝子には、転写開始部位の近くに、**b** と呼ばれる領域が存在し、ここに基本転写因子と **c** が結合することにより転写が開始される。(a)合成された mRNA 前駆体は **d** が除去されて **e** のみとなり、その後、核外へ移動した成熟型 mRNA は細胞質でタンパク質に **f** される。**f** は、開始 **g** を認識する tRNA と **h** が mRNA に結合することによってはじまる。mRNA の 3 つの塩基の並び(トリプレット)が 1 つの **g** としてアミノ酸を指定する。

(b)ヒトゲノムは大量の情報を含み、個々のヒト間では塩基配列のわずかな違いが存在する。一般に、ある集団内で各個体のゲノムの特定部位の塩基配列を比較したときに、1%以上の頻度で見つかる 1 塩基の違いを一塩基 **i** と呼ぶ。1 塩基の違いによって個人の体質が異なる場合が知られている。お酒を飲むと、その中のエタノールは、アルコール脱水素酵素によって毒性のあるアセトアルデヒドに変換されるが、アセトアルデヒドはアルデヒド脱水素酵素(ALDH)によって毒性のない酢酸に変換される。ヒトの ALDH の遺伝子には一塩基 **i** が存在し、(c) **e** 内のある 1 つの塩基が G の遺伝子(G 型)と、その塩基が A の遺伝子(A 型)がある。G 型遺伝子から発現する ALDH は酵素活性が高く、A 型遺伝子から発現する ALDH は活性が著しく低いことが知られている。**j** 染色体それぞれに存在する ALDH 遺伝子座が、(d)ともに G 型のヒト(GG)、ともに A 型のヒト(AA)、G 型と A 型のヒト(GA)では、体の中でアセトアルデヒドを解毒する能力が異なるため、お酒に対する強さが異なる。また、(e)ALDH 遺伝子の一塩基 **i** の頻度には人種差があることが知られている。

一塩基 **i** が存在する部分の非鋳型鎖(センス鎖)の塩基配列を下図に示す。なお、塩基配列の下線は読み枠を示している。

G 型 5' ··· GCATACACTGAAGTGAAAACT ··· 3'
A 型 5' ··· GCATACACTAAAGTGAAAACT ··· 3'

図 G 型および A 型の ALDH 遺伝子の部分塩基配列

問 1 文中の **a** ～ **j** に入る最も適切な語句を答えなさい。

表 遺伝暗号表

		トリプレットの2番目の塩基						
		U	C	A	G			
トリプレットの1番目の塩基	U	UUU	Phe	UCU	UAU	Tyr	UGU	Cys
		UUC		UCC	UAC		UGC	
		UUA		UCA	UAA	終止	UGA	終止
	C	UUG	Leu	UCG	UAG	終止	UGG	Trp
		CUU		CCU	CAU	His	CGU	
		CUC		CCC	CAC		CGC	Arg
	A	CUA	Leu	CCA	CAA		CGA	
		CUG		CCG	CAG	Gln	CGG	
		AUU		ACU	AAU	Asn	AGU	Ser
	G	AUC	Ile	ACC	AAC		AGC	
		AUA		ACA	AAA		AGA	Arg
		AUG	Met	ACG	AAG	Lys	AGG	
G	GUU		GCU	GAU	Asp	GGU		
	GUC	Val	GCC	GAC		GGC	Gly	
	GUA		GCA	GAA		GGA		
	GUG		GCG	GAG	Glu	GGG		

アミノ酸の3文字略号

Alaアラニン
 Argアルギニン
 Asnアスパラギン
 Aspアスパラギン酸
 Cysシステイン
 Glnグルタミン
 Gluグルタミン酸
 Glyグリシン
 Hisヒスチジン
 Ileイソロイシン
 Leuロイシン
 Lysリシン
 Metメチオニン
 Pheフェニルアラニン
 Proプロリン
 Serセリン
 Thrトレオニン
 Trpトリプトファン
 Tyrチロシン
 Valバリン

問2 下線部(A)の過程において、除去される部位が変化することによって1種類の mRNA 前駆体から複数の成熟型 mRNA が生成するしくみを何というか答えなさい。

問3 下線部(B)について、ヒトゲノムはおよそ何塩基対からなるか。次の①～⑤のうちから1つ選び、記号で答えなさい。

- ① 30万 ② 3000万 ③ 30億 ④ 3000億 ⑤ 30兆

問4 表を参考にして、開始 **g** が指定するアミノ酸を3文字略号で答えなさい。

問5 図に示されている G 型 ALDH 遺伝子の塩基配列によって指定されるアミノ酸配列について、**f** される順に最初の2つのアミノ酸を3文字略号で答えなさい。

問6 下線部(C)について、G型とA型のALDHの酵素活性に違いが生じる理由を、アミノ酸の変化を含めて簡潔に述べなさい。

問7 下線部(D)について、GG型、AA型、GA型をもつヒトのうちで、最もお酒に強いヒトの型はどれか答えなさい。

問8 日本人には比較のお酒に弱いヒトが多いとされているが、その理由について下線部(E)から推測し、簡潔に述べなさい。

V

次の文章を読み、問 1～問 4 に答えなさい。

【配点 23】

神経系を構成する基本単位であるニューロンは、核を含む細胞体と、長く伸びた突起である軸索、および枝分かれした突起からなる。軸索の末端部は、他のニューロンや効果器と接続している。この接続部位を **a** という。ニューロンが興奮すると、興奮部と静止部の間に **b** と呼ばれる微弱な電流が流れる。この **b** によって隣接部が次々に刺激されて興奮が伝わる。有髄神経繊維では、髄鞘の切れ目である **c** でのみ興奮が起こるため、無髄神経繊維よりはるかに速く興奮が伝わる。このような興奮の伝わり方を **d** という。興奮が軸索の末端まで伝わると、軸索の末端部にある多数の **e** が細胞膜と融合し、神経伝達物質が放出される。

骨格筋では、運動ニューロンの末端部から神経伝達物質である **f** が放出され、筋細胞の **a** 後膜に存在する受容体に結合する。この受容体は **g** の働きをもっており、これが開いて **h** イオンが細胞内に流入すると、筋細胞の膜電位が上昇して **i** が起こる。このような、膜電位を上昇させる変化を興奮性 **j** という。

電気刺激に対する神経と筋肉の反応を調べるために、ふくらはぎの筋肉をつけたままのカエルの座骨神経を摘出し、次のような実験を行った。カエルの座骨神経(繊維束)は、太さ(直径)の異なる多数の有髄神経繊維と無髄神経繊維から構成されている。

【実験 1】 座骨神経から有髄神経繊維と無髄神経繊維を 1 本ずつ取り出し、電気刺激を与えたところ、それぞれの神経繊維は、ある強さの刺激電圧で活動電位が発生し、それ以上電圧を上げても活動電位は大きくならなかった。

【実験 2】 座骨神経の表面に刺激電極を置いて電気刺激を与えたところ、ある強さの刺激電圧で小さな活動電位が発生し、さらに刺激電圧を上げていくと、ある範囲までは活動電位がしだいに大きくなったが、それ以上電圧を上げても活動電位は大きくならなかった。

【実験 3】 次ページの図のように、座骨神経と筋肉との接続部分から 1.6 cm 離れた座骨神経の表面(A 点)に刺激電極を置き、閾値以上の電気刺激を 1 回与えたところ、2.4 ミリ秒(1 ミリ秒=1000 分の 1 秒)後に筋肉が収縮した。また、A 点からさらに 2 cm 離れた B 点に刺激電極を置いて同様に刺激したところ、2.9 ミリ秒後に筋肉が収縮した。

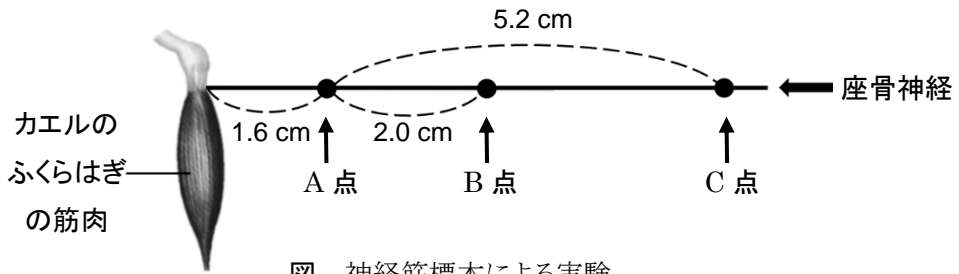


図 神経筋標本による実験

問 1 文中の ～ に入る最も適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部について、軸索の末端部から 間隙に放出された神経伝達物質は、 間隙から速やかに消失する。神経伝達物質が速やかに消失するしくみを 2 つ答えなさい。

問 3 【実験 1】の結果では全か無かの法則が成り立っている。しかし、【実験 2】の結果ではその法則が成り立っていない。【実験 2】では全か無かの法則が成り立たない理由を簡潔に述べなさい。

問 4 【実験 3】の結果にもとづいて、次の(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 座骨神経で興奮が伝わる速度(m/秒)を求めなさい。
- (2) 運動神経の終末に興奮が到達してから何ミリ秒後に筋肉の収縮が起こるか求めなさい。
- (3) A 点からさらに 5.2 cm 離れた C 点に刺激電極を置いて同様に刺激すると、何ミリ秒後に筋肉の収縮が起こると予想されるか求めなさい。

VI

次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

【配点 26】

生態系は、生物群集とそれを取り巻く^(A)非生物的環境で構成されている。生態系を構成する生物は大きく生産者と消費者に分けられ、生物群集内での物質とエネルギーの移動は **a** を通して起こる。生産者が生産した有機物の一部は、まず一次消費者(植物食性動物)、ついで二次消費者(動物食性動物)によって利用され、最終的には **b** として働く菌類や細菌によって無機物にまで分解される。消費者において、摂食量(前の栄養段階の被食量に相当する)から不消化排出量を差し引いたものを同化量といい、これは生産者においては総生産量に相当する。^(B)生産者は **c** を行うことによって太陽の光エネルギーを **d** エネルギーに変換して有機物中に蓄える。消費者が生産者を食べると、この^(C)エネルギーの一部は有機物とともに移動し、さらに上位の消費者に次々に取り込まれて、それぞれの栄養段階の生物によって利用される。下表は、ある湖沼におけるエネルギー量を栄養段階ごとに示したものである。このように、生産者によって生態系に取り込まれたエネルギーは、栄養段階が上がるにつれ減少していき、上位の段階の生物ほど利用できるエネルギー量が少なくなる。各栄養段階において、前の栄養段階のエネルギー量のうち、その段階でどれくらいのエネルギーが利用されるかの割合を示したものをエネルギー効率といい、^(D)一次消費者に比べて二次消費者はエネルギー効率が高い傾向にある。

表 ある湖沼におけるエネルギー収支の例[単位は J/(cm²・年)]

栄養段階	総生産量 (同化量)	呼吸量	被食量	枯死・ 死滅量	成長量	不消化 排出量
太陽エネルギー	496000※	—	—	—	—	—
生産者	2016.1	423.4	268.0	50.8	②	—
一次消費者	174.8	50.4	35.7	3.4	85.3	④
二次消費者	26.2	8.2	⑤	0.4	12.6	9.5

※入射光のエネルギー

問1 文中の **a** ～ **d** に入る最も適切な語句を答えなさい。

問2 下線部(A)について、生物群集を取り巻く非生物的環境を5つ挙げなさい。

問3 下線部(B)について、太陽の光エネルギーのうち生産者によって取り込まれるエネルギーはほんのわずかである。取り込まれなかったエネルギーはどうなるか。簡潔に述べなさい。

問4 下線部(C)について、生態系内では炭素や窒素などの物質循環に伴ってエネルギーも移動するが、生態系内での物質の移動とエネルギーの移動は全体として大きく異なる。その違いを簡潔に述べなさい。

問5 下線部(D)の理由の一つとして、一次消費者の同化効率(同化量/摂食量)が二次消費者の同化効率と比べて低いことが挙げられる。一次消費者の同化効率の方が低い理由を、両者の摂食物の違いによる消化吸収の観点から簡潔に述べなさい。

問6 表に示した生態系において、次の①～⑧の値を答えなさい。必要であれば四捨五入して、小数第1位まで求めなさい。

① 生産者の純生産量[J/(cm²・年)]

② 生産者の成長量[J/(cm²・年)]

③ 生産者のエネルギー効率(%)

④ 一次消費者の不消化排出量[J/(cm²・年)]

⑤ 二次消費者の被食量[J/(cm²・年)]

⑥ 一次消費者のエネルギー効率(%)

⑦ 二次消費者のエネルギー効率(%)

⑧ 生産者、一次消費者、および二次消費者から **b** に供給されるエネルギー量[J/(cm²・年)]