

岡山大学大学院ヘルスシステム統合科学研究科博士前期課程

ヘルスシステム統合科学専攻

(バイオ・創薬部門)

令和3年度入学試験

専門科目（選択）

- <注意> 問題は、生化学と無機化学があります。
これら2科目の中から1科目を選択し、該当する2問を解答しなさい。
解答する科目については、解答用紙の左上「選択チェック欄」
に○印を付けなさい。
解答しない科目については、解答用紙の左上「選択チェック欄」
に×印を付けなさい。
2科目解答・提出した場合、採点しないこともあります。
解答は、指定された解答用紙に記入しなさい。
解答用紙は、冊子から切り離さないこと。
問題冊子は持ち帰ること。

第1問 次の問1～問2に答えよ。

問1. 核酸に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 2'-デオキシリボースの構造式を描け。その際、各炭素の番号を図中に記せ。
- (2) 5'-dGTP の名称及び構造式を答えよ。
- (3) DNA2重鎖中の積み重なった塩基間に働く分子間力の名称を答えよ。3 ページ目の参考資料1 を参照のこと。
- (4) RNA は、DNA より不安定である。その理由を説明せよ。また、5'-AG-3'の構造に基づいて、この RNA が分解される反応機構を図示して説明せよ。塩基の構造はアルファベット1文字で代用してかまわない。その際、非共有電子対も「:」で図示すること。
- (5) 半世紀以上前の議論では、地球上に最初に現れた生体高分子は、DNA あるいはタンパク質と考えられていたが、現在では RNA と考えられている。その根拠となった、T. Cech が発見した、新しい RNA の名称を答えよ。ただし、触媒 RNA という解答は不正解とする。この発見に基づき、遺伝情報が RNA から DNA へ、触媒機能が RNA からタンパク質へ移行したと考えられている。このことを説明できる、現在最も有力な説を説明せよ。

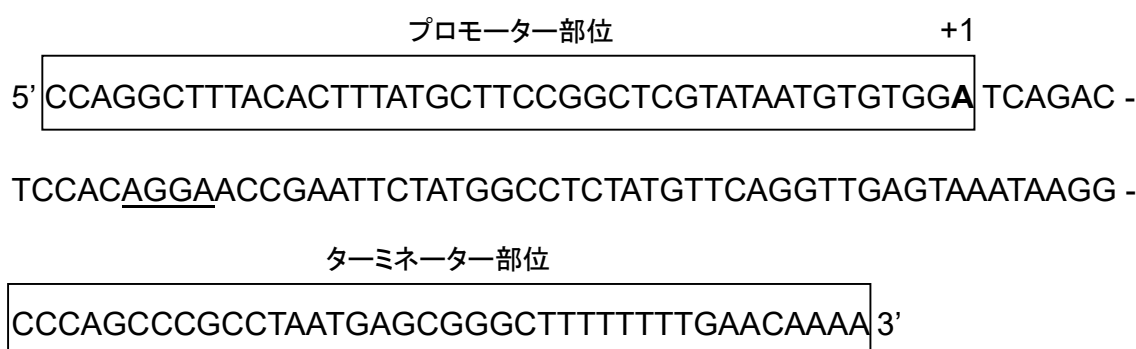
問2. ラクトース・オペロンに関する以下の問いに答えよ。

- (1) ラクトースを加水分解する酵素名を答えよ。
- (2) ラクトースの加水分解で生じる単糖の名称をすべて記せ。
- (3) 上記の糖の間の結合名を答えよ。
- (4) このオペロンの転写産物は、ポリシストロン性である。このポリシストロン性という語句が示す特徴を簡潔に説明せよ。
- (5) ラクトース・オペロンにおいて、転写を抑制するタンパク質名を答えよ。
- (6) (5)のタンパク質が転写を抑制するメカニズムを簡潔に説明せよ。
- (7) (6)の転写抑制が解除されるメカニズムを説明せよ。
- (8) ラクトース・オペロンは、生物で最初に見つかった遺伝子発現制御メカニズムである。このオペロンシステムを獲得した生物が、進化的により有利となったと考えられている。その理由を説明せよ。(次ページに続く)

第1問のつづき 次の問3に答えよ。

問3. 大腸菌における遺伝子発現に関する以下の設問に答えよ。

以下の遺伝子では、2重鎖DNAのうちで遺伝子をコードしている鎖だけを表示している。+1の塩基Aは、転写開始点を示している。



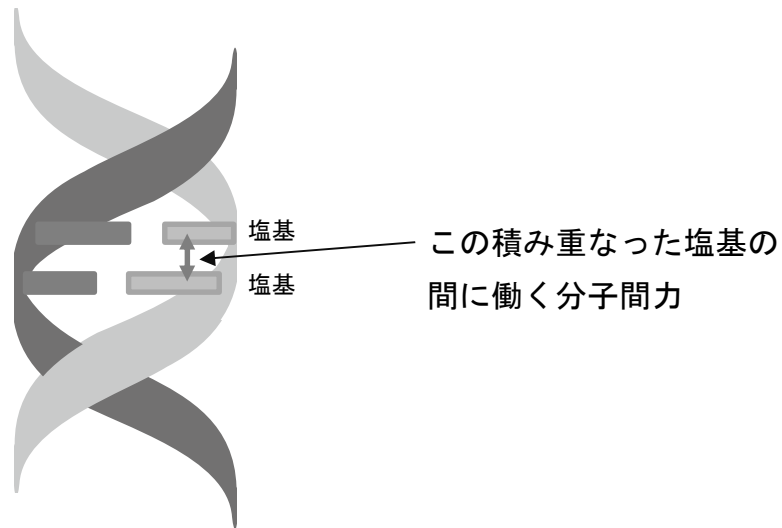
- (1) 転写反応には、外部からのエネルギーの供給が不要である。その理由を説明せよ。
- (2) 上図のターミネーター部位が、転写を停止させるメカニズムを説明せよ。
- (3) 核酸の情報をアミノ酸に変換するメカニズムを説明せよ。その際、「アミノアシル tRNA 合成酵素」の語句を用いること。
- (4) コドンは、3個の核酸の組み合わせで構成されている。コドンは少なくとも3個の塩基が必要である理由を説明せよ。
- (5) コドンは縮重している。その利点を説明せよ。
- (6) 上図の下線 (AGGA) の4塩基対の名称を答えよ。この塩基配列が、リボソーム中において結合している分子の名称を答えよ。
- (7) (6)の塩基配列の役割を簡潔に説明せよ。
- (8) 上図の遺伝子から発現されるペプチドのアミノ酸(1文字表記)配列を記せ。なお、遺伝暗号表は、次のページ(参考資料2)にあるので、参照すること。
- (9) 上図のプロモーター部位は、構成型であるため、当該遺伝子は常に発現されている。このプロモーター部位を誘導型に換えるためには、遺伝子を改変する必要がある。その方法を簡潔に説明せよ。 (次ページに続く)

選択科目（生化学）問題

その3 / 9

第1問のつづき

参考資料1：問1の設問（3）のDNA2重鎖の模式図



参考資料2：問3の設問（8）の遺伝暗号表

1文字目 (5'側)	2文字目				3文字目 (3'側)
	U	C	A	G	
U	Phe	Ser	Tyr	Cys	U
	Phe	Ser	Tyr	Cys	C
	Leu	Ser	終止	終止	A
	Leu	Ser	終止	Trp	G
C	Leu	Pro	His	Arg	U
	Leu	Pro	His	Arg	C
	Leu	Pro	Gln	Arg	A
	Leu	Pro	Gln	Arg	G
A	Ile	Thr	Asn	Ser	U
	Ile	Thr	Asn	Ser	C
	Ile	Thr	Lys	Arg	A
	Met	Thr	Lys	Arg	G
G	Val	Ala	Asp	Gly	U
	Val	Ala	Asp	Gly	C
	Val	Ala	Glu	Gly	A
	Val	Ala	Glu	Gly	G

第2問 糖代謝を制御する酵素反応に関する次の文章を読んで、以下の問1～問6に答えよ。

アドレナリンは血液中の（ A ）の濃度が低い時に（ B ）より分泌されるホルモンであり、アミノ酸の一つである（ C ）から生合成される。アドレナリンは肝臓に作用すると、細胞膜に存在する（ D ）回膜貫通型受容体に結合することにより共役する G-タンパク質($G\alpha$)が（ E ）結合型となり、細胞膜型酵素である（ F ）に結合・活性化する。（ F ）の酵素触媒反応により ATP から（ G ）を産生する。次に、⁽¹⁾濃度上昇した細胞内の（ G ）はタンパク質リン酸化酵素(PKA)を活性化する。活性化した PKA は、さらに⁽²⁾下流のリン酸化カスケード反応を介してグリコーゲンを基質とした（ H ）分解反応を触媒する（ I ）の酵素活性を上昇させ、（ A ）の産生を促す。一方、⁽³⁾アドレナリンは同時にグリコーゲン合成を抑制することで糖代謝を厳密に制御している。注意：PKA (Protein Kinase A)

問1. 上の文章について、（ A ）～（ I ）に入る言葉を答えよ。

問2. 糖代謝制御において、アドレナリンとは逆の作用を持つホルモンを一つ答えよ。

問3. 下線部（1）について、PKA のサブユニット構造と酵素活性化メカニズムについて説明せよ。

問4. 下線部（2）について、PKA の活性化に引き続いて起こるリン酸化カスケード反応についてその分子機構を説明せよ。

問5. 下線部（3）について、アドレナリンによるグリコーゲン合成の抑制メカニズムについて説明せよ。

（次ページに続く）

第2問のつづき

問6. タンパク質リン酸化酵素[Enzyme]によるリン酸化反応は、リン酸化される基質タンパク質、リン酸基供与体である ATP の二つの分子を基質[Substrate]とした酵素反応である。あるタンパク質リン酸化酵素の酵素活性について種々の ATP 濃度(1~0.125 mM)条件下において、阻害薬 X (1 μ M)の存在、非存在下で測定した結果を表1に示す。表1の結果をもとに、以下の問(1)~(3)に答えよ。

(表1)

ATP (mM)	酵素活性 (mmol/min/mg)	
	阻害剤なし	1 μ M 阻害薬 X
1	3.333	2.500
0.5	2.500	1.667
0.25	1.667	1.000
0.125	1.000	0.556

注意：酵素活性 (mmol/min/mg) は 1 mg の酵素が 1 分間に触媒 (基質タンパク質へのリン酸化) できるリン酸基の量 (mmol) で表わされる。

- (1) 測定したタンパク質リン酸化酵素の最大活性 (V_{max}) と ATP に対する見かけ上の親和性 (K_m) の値を求めよ (単位も含めること)。
- (2) このタンパク質リン酸化酵素に対する阻害薬 X の阻害様式を書き、その理由を説明せよ。
- (3) 問(1) および問(2) を解答するために作成した Lineweaver-Burk plot を解答用のグラフ用紙に書け。

第1問 次の問1～問2に答えよ。

問1. 原子・イオン・分子に関する次の（1）～（6）の問に答えよ。

（1） 次の原子の基底状態の電子配置を示せ。

(a) Na (原子番号 $Z = 11$) (b) Fe (原子番号 $Z = 26$)

（2） 原子半径が小さいほど元素の第一イオン化エネルギーが大きい理由を説明せよ。

（3） 元素の第二イオン化エネルギーが第一イオン化エネルギーよりも大きい理由を説明せよ。

（4） Li と Be ではどちらの電子親和力が小さいか、理由とともに説明せよ。

（5） 三酸化硫黄 SO_3 分子の共鳴構造の一つを、ルイス構造を用いて描け。

（6） 酸素分子 O_2 の基底状態の電子配置を示せ。ただし、 O_2 の分子軌道のエネルギー準位は、 $1\sigma_g < 1\sigma_u < 2\sigma_g < 1\pi_u < 1\pi_g < 2\sigma_u$ とする。さらに、 O_2^+ へのイオン化に伴って、結合次数はどのように変化するか説明せよ。

(次ページに続く)

第1問のつづき

問2. 酸と塩基に関する次の(1)～(6)の間に答えよ。

(1) HBr と HI の酸性度を区別するための溶媒として適しているものを, 次の(あ)～(う) から一つ選び, それを選んだ理由を説明せよ。

(あ) H_2O (い) HF (う) NH_3

(2) 塩素酸の構造を描き, ポーリングの規則を利用して $\text{p}K_{\text{a}}$ の値を求めよ。

(3) $0.10 \text{ M H}_2\text{S (aq)}$ 中の硫化物イオンの濃度を計算せよ。 ($\text{M} = \text{mol/dm}^3$)
ただし, 酸性度定数 $K_{\text{a}1} = 9.1 \times 10^{-8}$, $K_{\text{a}2} = 1.1 \times 10^{-19}$ である。

(4) 次の一組の物質をそれぞれ水の中で混合したときに起こる反応の反応式を記せ。

(a) H_3PO_4 と K_2HPO_4 (b) Ca_2SiO_4 と H_2CO_3

(5) 次の分子を酸性度の高くなる順に並べなさい。さらに, その順に並べた理由を説明せよ。

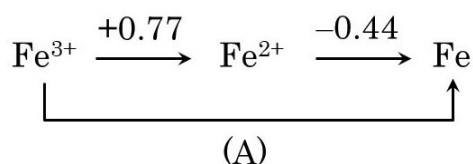
SiCl_4 , SiI_4 , SiF_4 , SiBr_4

(6) Fe^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} の中からチオシアン酸イオン (SCN^-) の硫黄原子と結合するイオンをすべて選び, それらを選んだ理由を説明せよ。

(次ページに続く)

第2問 次の問1～問3に答えよ。

問1. 酸性溶液中における鉄のラチマー図に関する次の(1)～(2)の間に答えよ。



- (1) Fe^{3+}/Fe 系に対する標準電位(A)の値を求めよ。
- (2) Fe^{2+} が Fe^{3+} と Fe に不均化するか、その反応式と、不均化反応に対する電位と標準反応ギブズエネルギー変化の関係に基づいて説明せよ。

問2. 次の(1)～(2)の間に答えよ。

- (1) 次の分子が属する点群を帰属し、極性分子を選び記号で答えよ。

(a) NH_3 (b) $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ (c) BF_3 (d) SF_6

- (2) C_{2v} の指標表を参照して H_2O の $\text{H } 1s$ 軌道からつくられる対称適合線形結合 $\phi(\text{SALC})$ を全て示し、 $\phi(\text{SALC})$

の対称種を決定せよ。ただし、 ψ_A は H 原子(A)の $1s$ 軌道、 ψ_B はもう一方の H 原子(B)の $1s$ 軌道とする。さらに、 $\phi(\text{SALC})$ の中で酸素原子の $2p_y$ 軌道と分子軌道を形成するものを示せ。

C_{2v} の指標表

C_{2v}	E	C_2	σ_v	σ_v'	$h = 4$
A_1	1	1	1	1	z, x^2, y^2, z^2
A_2	1	1	-1	-1	R_z, xy
B_1	1	-1	1	-1	x, R_y, zx
B_2	1	-1	-1	1	y, R_x, yz

(次ページに続く)

第2問のつづき

問3. 次の(1)～(4)の問に答えよ。

- (1) 結晶場理論に基づき，正八面体錯体において配位子場安定化エネルギー ($LFSE/\Delta_o$) の値が0となるときの，中心金属原子の基底状態のd軌道の電子配置と不対電子の数をすべて記せ。
- (2) 結晶場理論に基づき，正四面体錯体において配位子場安定化エネルギー ($LFSE/\Delta_T$) の値が-1.2となるときの，中心金属原子の基底状態のd軌道の電子配置と不対電子の数をすべて記せ。
- (3) 次の配位子の中から， π 供与体配位子をすべて選び記号で答えよ。
- (a) OH^-
- (b) NH_3
- (c) F^-
- (d) CO
- (4) 気相での Ni^{2+} イオンにおけるラカーパラメーター (B) は 1080 cm^{-1} であるのに対して， $[\text{NiBr}_4]^{2-}$ では $B = 600 \text{ cm}^{-1}$ である。この B 値の低下は何を示唆しているか，錯体中の金属イオンの電子間反発に基づいて説明せよ。