立命館大学大学院
2022年度実施　入学試験
博士課程前期課程
生命科学研究科
生命科学専攻

入試方式	コース	実施月	専門科目	
			ページ	備考
一般入学試験	応用科学 生物工学 生命情報学 生命医科学	9月	P.1～	
		2月	×	
社会人入学試験		9月		
		2月		
外国人留学生入学試験		9月		
		2月		
学内進学入学試験		7月		
飛び級入学試験		2月	×	

【表紙の見方】
×・・・入学試験の実施がなかった等の理由で入学試験問題の作成がなかったもの、または、問題を公開しないもの
斜線・・・学科試験（筆記試験）を実施しないもの

立命館大学大学院
2022年度実施　入学試験
博士課程後期課程
生命科学研究科
生命科学専攻

入試方式	実施月	外国語（英語）	
		ページ	備考
一般入学試験	9月	×	
	2月	×	
一般入学試験（日本語基準）	7月 （2022年9月入学）	×	
社会人入試	9月		
	2月		
社会人入試（日本語基準）	7月 （2022年9月入学）		
外国人留学生入学試験 （日本語基準）	7月 （2022年9月入学）		
	9月		
	2月		
学内進学入学試験	7月		

【表紙の見方】
×・・・入学試験の実施がなかった等の理由で入学試験問題の作成がなかったもの、または、問題を公開しないもの
斜線・・・学科試験（筆記試験）を実施しないもの

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

１．物理化学

（物理化学の設問は３ページあります。
以下の問題［1］から［3］のうち２題を選択して解答してください。
３題すべてに解答した場合、解答はすべて無効となります。）

［1］以下の問いに答えよ。ただし、ベンゼンの沸点は 1.013×10^5 Pa において 353.25 K、気体定数 R は 8.314 J K^{-1} mol^{-1} とする。また、単原子理想気体の定圧熱容量、定積熱容量はそれぞれ $5R/2$、$3R/2$ で表され、それらはともに温度に依存しないものとする。

（1）298.15 K の単原子理想気体 1.00 mol が 1.013×10^5 Pa の一定圧力下で 800 J の熱量を吸収した。

① この過程における内部エネルギー変化（J）を有効数字２桁で求めよ。

② この過程における仕事を（J）を有効数字２桁で求めよ。

（2）いくつかの物質の標準生成エンタルピーおよび標準エントロピーを表１に示す。

① 表１の値を使って、液体状態のベンゼンの標準生成エントロピー（J K^{-1} mol^{-1}）を有効数字３桁で求めよ。

② 表１の値を使って、ベンゼンの蒸発過程のエンタルピー変化（kJ mol^{-1}）を有効数字３桁で求めよ。

表１．物質の標準生成エンタルピーおよび標準エントロピー（温度：298 K）

物質	標準生成エンタルピー / kJ mol^{-1}	標準エントロピー / J K^{-1} mol^{-1}
H_2 (g)	0	130.68
H_2O (l)	−285.8	69.91
H_2O (g)	−241.8	188.83
C (s, graphite)	0	5.74
C (s, diamond)	1.9	2.38
CO (g)	−110.5	197.67
CO_2 (g)	−393.5	213.74
ベンゼン (l)	49.0	173.3
ベンゼン (g)	82.6	269.31

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

1．物理化学

（つづき２ページ目。）

［２］気相中におけるヨウ素分子I_2の解離反応は、以下の式(1)で表される。

$$I_2\,(g) \rightleftarrows 2I\,(g) \qquad (1)$$

ただし、もともと存在するI_2の物質量をn、解離したI_2分子の割合をα、系の全圧をP、気体定数を 8.314 J $K^{-1}mol^{-1}$、理想気体を仮定し、圧平衡定数をKとする。

（１）この解離反応が平衡に達したとき、以下の問いに答えよ。

① ヨウ素分子I_2の分圧P_{I_2}とヨウ素原子Iの分圧P_IをαとPを使って記せ。

② αをKとPを使って記せ。

③ この反応はPにどのように依存するか、説明せよ。

（２）Kの絶対温度T (K)に対する依存性を調べたところ、以下の式で表される関係が判明した。このとき、以下の問いに答えよ。

$$\ln K = -\frac{1.875 \times 10^4\,(\mathrm{K})}{T\,(\mathrm{K})} + 12.954$$

① 反応の標準エンタルピー変化$\Delta_r H^o$の値(kJ mol^{-1})を<u>有効数字3桁</u>で求めよ。ただし、$\Delta_r H^o$は温度に依存しないとする。

② 反応の標準エントロピー変化$\Delta_r S^o$の値(J $K^{-1}mol^{-1}$)を<u>有効数字3桁</u>で求めよ。ただし、$\Delta_r S^o$は温度に依存しないとする。

③ (1)式で表される反応は正方向に対して吸熱的か発熱的か、どちらであるか答えよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

１．物理化学
（ つづき３ページ目。）

［３］分光学に関する以下の問いに答えよ。

（１）波長が500 nmの光について、以下の問いに答えよ。ただし、光速を 3.00×10^{8}（m s^{-1}）、プランク定数を 6.63×10^{-34}（J s）とする。

① 波数（cm^{-1}）を有効数字３桁で求めよ。

② 振動数（Hz）を有効数字３桁で求めよ。

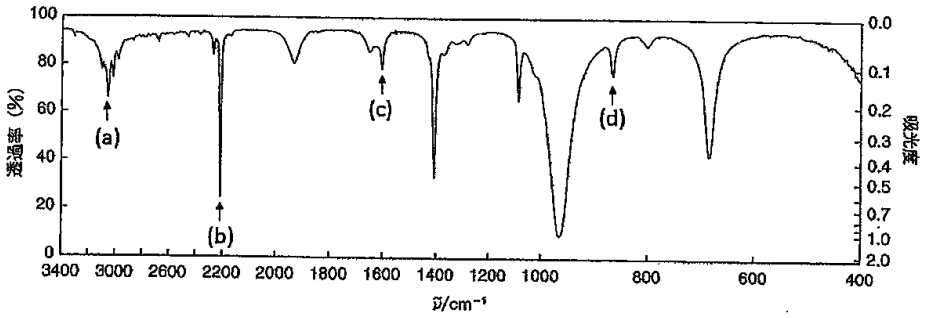
③ 光子 １個あたりのエネルギー（J）を有効数字３桁で求めよ。

（２）２原子分子の分子振動を、波数$\tilde{\nu}$の調和振動子で近似し、以下の問いに答えよ。

① 換算質量μを大きくすると$\tilde{\nu}$はどのように変化するか答えよ。

② 分子間の結合を強くし、力の定数kを大きくすると$\tilde{\nu}$はどのように変化するか答えよ。

（３）以下は2-プロペンニトリル（CH_2=CHC≡N）の赤外吸収スペクトルであり、いくつかの有機官能基の原子団特性振動数に吸収バンドが現れている。



図中の(a)～(d)は以下の振動①～④のどれに帰属されるか、もっとも適切なものを選べ。

① C－C 伸縮

② C－H 伸縮

③ C＝C 伸縮

④ C≡N 伸縮

Raymond Chang（著）岩澤 康裕・北川 禎三・浜口 宏夫（訳）『化学・生命科学系のための物理化学』
東京化学同人, 2011年, p.469
原題：Physical Chemistry for the Chemical and Biological Sciences
原出版社：University Science Books

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

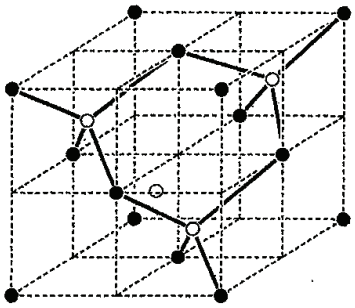
２．無機化学

（ 無機化学の設問は１ページあります。すべてに解答してください。）

［1］以下の問い（1）～（2）に答えよ。

（1）つぎの文章を読み、空欄（　ア　）～（　ク　）にあてはまる適切な語句、数字を答えよ。ただし、（　エ　）については以下の語群から選択して答えよ。

（　エ　）の語群：1/8, 1/6, 1/4, 1/3, 1/2, すべて



（●＝陰イオン，○＝陽イオン）

右図に示す単位格子からなる構造は（　ア　）型構造と呼ばれる。ここで陰イオンは（　イ　）格子を形作っており、その（　ウ　）面体空孔の（　エ　）を陽イオンが占めている。陽イオン、陰イオンの配位数はそれぞれ（　オ　）、（　カ　）であり、単位格子に含まれる陽イオンと陰イオンの数はそれぞれ（　キ　）個、（　ク　）個である。

（2）イオン半径 r_+ の陽イオンとイオン半径 r_- の陰イオンが接触している塩化ナトリウム型の結晶において、イオン半径の比 r_+ / r_- を小さくしていったとき、陰イオン同士が互いにちょうど接触するときのイオン半径比 r_+ / r_- を求めよ。ただし、$r_+ < r_-$ とする。

［2］ランタノイド元素はランタノイド収縮を示す。また、ランタノイド元素を含む化合物中において、その元素の主要な酸化数は原子番号によらず+3 である。これらの理由を、ランタンの基底状態における電子配置 $[Xe]5d^16s^2$ にもとづいて説明せよ。

［3］以下の問い（1）～（3）に答えよ。

（1）酸素、銅、亜鉛の元素記号と基底状態における電子配置を、以下の例にしたがって答えよ。

例：マンガン　Mn：$[Ar]3d^54s^2$

（2）亜鉛やその化合物は、遷移金属としての特徴的な性質を示さない。この理由を電子配置から説明せよ。

（3）六配位の銅(II)錯体は、正八面体構造からひずんだ構造を示す。このひずみを生じさせる効果の名称を答えよ。また、この効果の機構について、電子配置の観点から説明せよ。

［4］LiI + CsF → LiF + CsI の反応が右向きに進行する理由を、硬い酸・塩基および軟らかい酸・塩基の概念に基づいて説明せよ。

［5］ベンゼンとボラジンの構造は類似しているが、化学的性質は異なり、ボラジンの反応性は高い。その理由を述べよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

3．分析化学

（分析化学の設問は２ページあります。すべてに解答してください。）

［1］ 次の文章の (ア) ～ (ク) の空欄に入る式を答えよ。なお、化学種Xのモル濃度は [X] と表すものとする。

弱酸（HA）が総濃度 C_A で溶けている水溶液について考える。この水溶液中で考慮すべき化学平衡は、HA の酸解離平衡（酸解離定数を K_a とする）と水の自己解離平衡（自己解離定数を K_w とする）である。それらの濃度平衡定数は (1) 式と (2) 式で定義され、HA に関する物質収支の関係が (3) 式で、電荷収支の関係が (4) 式で与えられる。

$$K_a = (\text{ア}) \tag{1}$$

$$K_w = [H^+][OH^-] \tag{2}$$

$$C_A = (\text{イ}) \tag{3}$$

$$(\text{ウ}) = (\text{エ}) + [OH^-] \tag{4}$$

まず、(1) 式と (3) 式を用いて [HA] を消去すると、$[A^-]$ は (5) 式で表される。

$$[A^-] = (\text{オ})\, C_A \tag{5}$$

比較的濃い HA 水溶液である場合、(4) 式中の $[OH^-]$ を無視することができ、$[OH^-]$ を無視した (4) 式に (5) 式を代入すると $[H^+]$ に関する二次方程式が得られ、それを解くと (6) 式が得られる。

$$[H^+] = \frac{-K_a + \sqrt{(\text{カ})}}{2} \tag{6}$$

$2\sqrt{C_A} \gg \sqrt{K_a}$ と近似できるほど高濃度である場合、(6) 式は最終的に (7) 式まで変形でき、C_A と K_a の値から水素イオン濃度を知ることができ、pH は (8) 式で与えられる。

$$[H^+] = (\text{キ}) \tag{7}$$

$$\mathrm{pH} = \frac{1}{2}(\text{ク}) \tag{8}$$

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

3．分析化学

（つづき２ページ目。すべてに解答してください。）

［2］　配位子Ｙを使って金属イオンＭを滴定した当量点において、金属イオンの総濃度 C_M と配位子の総濃度 C_Y は $C_M = C_Y = 10^{-2}$ mol dm^{-3} であったとする。ＭとＹの錯形成反応の平衡定数 K が 10^8 mol^{-1} dm^3 のとき、当量点で錯体MYを形成していない遊離のＭの C_M に対する割合（パーセント）を求めよ。C_M および C_Y に関する物質収支の関係式を示し、遊離のＭの濃度（[M]）を求める方程式を導くなど、導出の過程についても詳しく記述せよ。なお、ＭとＹはMY以外の錯体を形成しないものとする。

［3］　次の電池式で示される電池について、以下の（1）～（4）の問いに答えよ。

$$\mathrm{Fe} \mid \mathrm{Fe^{2+}}\ (0.10\ \mathrm{M}) \parallel \mathrm{Ag^{+}}\ (0.20\ \mathrm{M}) \mid \mathrm{Ag}$$

Fe^{2+}/Fe 対の標準電極電位：$E_1^\circ = -0.44$ V vs. SHE

Ag^{+}/Ag 対の標準電極電位：$E_2^\circ = 0.80$ V vs. SHE

なお、気体定数を R、温度を T、ファラデー定数を F とする。また、各化学種の活量係数は 1.0 とし、化学種Ｘのモル濃度は [X] と表すものとする。$(RT/F)\ln A = 0.059 \log A$ とし、必要であれば、$\log 2 = 0.301$ を用いよ。

（1）　この電池が放電するときに進行する化学反応式（電池反応式）を答えよ。

（2）　アノードの電極電位を E_a とし、アノードの半電池反応に関するネルンスト式を答えよ。

（3）　この電池の起電力を求めよ。

（4）　Fe^{2+} の濃度を高くすると、電池の起電力は大きくなるか、または、小さくなるかを答え、その理由を簡潔に説明せよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

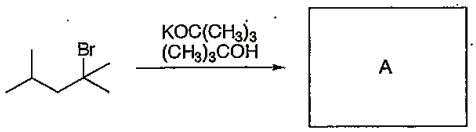
［専門科目］

4．有機化学

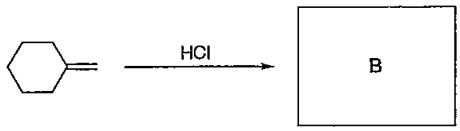
（有機化学の設問は２ページあります。すべてに解答してください。）

［1］以下の（1）～（5）の反応において、おもに得られる有機化合物 A ～ G の構造式を書け。

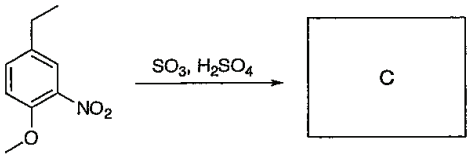
（1）



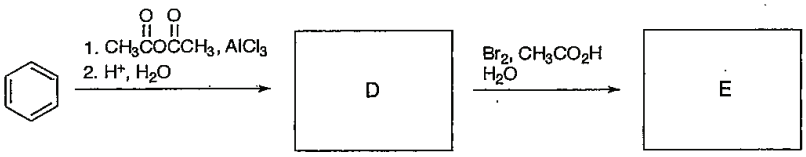
（2）



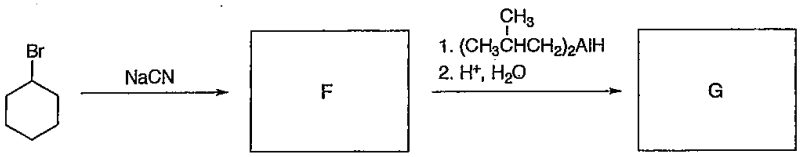
（3）



（4）



（5）



［2］NMR に関する以下の問いに答えよ。

（1）①～③の NMR スペクトルの特徴を示す化合物の構造式を書け。

① ^{1}H NMR において 6H の積分値に相当する二重線が現れる分子式 C_3H_7Br のハロアルカン。

② ^{1}H NMR において 9H の積分値に相当する一重線および 2H の積分値に相当する四重線が現れる分子式 $C_6H_{14}O$ のエーテル。

③ プロトンデカップリングしている ^{13}C NMR において 3 本のシグナルが現れる分子式 C_8H_{10} のベンゼン環を有する化合物。

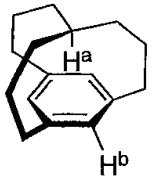
立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

４．有機化学

（つづき２ページ目。すべてに解答してください。）

（２）右に示す化合物の ^{1}H NMR スペクトル（250 MHz）を測定したところ、H^a シグナルは（　あ　）重線に分裂し、分裂の幅は 0.024 ppm であった。H^a シグナルは H^b シグナルよりも（　い　）磁場側に現れると予想された。①～④の問いに答えよ。



① この化合物には何本の ^{1}H NMR シグナルが観測されるか答えよ。ただし、スピンスピンカップリングで分裂した場合も１本のピークとみなす。なお、NMR 時間スケールにおいて十分に速く分子運動しているものとする。

②（　あ　）および（　い　）にあてはまる適切な数字および語句を答えよ。

③ H^a シグナルのカップリング定数（Hz）を答えよ。

④ H^a シグナルと H^b シグナルの位置を予想した理由を「環電流」と「しゃへい化」の２つの語句を用いて答えよ。

［３］「塩化ブチル」の異性体に関して、以下の問いに答えよ。

（１）直鎖状の第一級ブチル基からなる「塩化ブチル」をフタルイミドカリウム塩で処理した後に、加水分解反応して得られる塩基性化合物の構造式を書け。

（２）分枝状の第一級ブチル基からなる「塩化ブチル」のエーテル溶液を金属マグネシウムで処理した後に、重水と反応して得られる低極性化合物の構造式を書け。

（３）第二級ブチル基からなる「塩化ブチル」には二つの光学異性体がある。その一方の立体構造式を破線と実線のくさび形表記法を用いて書き、その立体中心の絶対配置が *R* であるか *S* であるかも示せ。

（４）第三級ブチル基からなる「塩化ブチル」を対応する第三級アルコールから合成するときに必要な試薬を示せ。

［４］環状炭化水素に関して、以下の問いに答えよ。

（１）シクロプロパンの異性体であるアルケンを脱プロトン化させて生じる最も安定なアニオン種の一対の共鳴構造式を、両頭矢印（⟷）をはさんで書け。

（２）エテン（エチレン）を光化学反応で環化二量化して得られるシクロアルカンの構造式を書け。

（３）1,3-シクロペンタジエンとプロペン酸メチル（アクリル酸メチル）との Diels-Alder 反応によって得られる主生成物の構造式を立体構造が分かるように書け。

（４）1,3-ブタジエンと *cis*-1,2-ジシアノエテンとの[4+2]環化付加反応生成物を水素化して得られる化合物の構造式を、いす形立体配座で書け。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

5．生化学

（生化学の設問は４ページあります。すべてに解答してください。）

［1］次の文章を読み、問い（1）～（6）に答えよ。

タンパク質は主に 20 種類の (a)アミノ酸が鎖状につながった分子である。アミノ酸は側鎖をもち、その側鎖の種類によって、脂肪族アミノ酸、芳香族アミノ酸、酸性アミノ酸、(b)塩基性アミノ酸などに分類される。タンパク質の多くは、(c)アミノ酸配列のみによってその立体構造が決まるが、(d)一部例外も知られている。

タンパク質の立体構造を解析するためには、多くの実験ステップが必要となる。なかでも、重要なステップは (e)タンパク質の精製である。またタンパク質の機能を解析する際にも、タンパク質の精製は鍵となる。そのため、これまでにアフィニティー精製法など様々なタンパク質精製法が開発されている。

（1）下線部(a)のアミノ酸の多くは天然ではL-アミノ酸であるが、*RS*表示で示す場合、多くのL-アミノ酸は *R* 配置と *S* 配置のどちらになるか答えよ。またその場合に一部例外となるアミノ酸があればそのアミノ酸名を答えよ。ただしキラル中心をもたないアミノ酸は除外せよ。

（2）下線部(b)の塩基性アミノ酸のうち pH 7.4 の水溶液中でプラスに帯電した側鎖をもつアミノ酸名を二つ答えよ。

（3）下線部(c)に関して、緑色蛍光タンパク質（GFP）は、決まった立体構造に折りたたまれて、その過程でアミノ酸残基が反応して蛍光発色団を形成することが知られている。発光オワンクラゲ由来の野生型 GFP でこの蛍光発色団を構成する元のアミノ酸は、セリン、グリシンと残り一つはどのアミノ酸か、そのアミノ酸名を答えよ。

（4）同じく下線部(c)に関して、多くのセリンプロテアーゼは、決まった立体構造に折りたたまれた結果、活性中心に触媒三残基とよばれる三種類のアミノ酸残基を保存している。最も一般的な組み合わせは、セリンと残り二つはどのアミノ酸か、アミノ酸名を二つ答えよ。

（5）下線部(d)の例外にはプリオンタンパク質が挙げられる。プリオンタンパク質は正常型と異常型が存在するが、それらの立体構造はどのように異なるのかを説明せよ。

（6）下線部(e)に関して、タンパク質の精製実験について、次の文章を読んで問いに答えよ。

タンパク質 A（単量体の分子量 20,000、等電点 8.0、二量体）、タンパク質 B（単量体の分子量 25,000、等電点 4.8、四量体）、タンパク質 C（単量体の分子量 45,000、等電点 6.0、単量体）、タンパク質 D（単量体の分子量 60,000、等電点 9.4、単量体）の混合溶液を pH 7.4 の緩衝液中でジエチルアミノエチル（DEAE）セルロースカラムにロードした。その後、このカラムに結合したタンパク質を溶出し、溶出した溶液を回収して濃縮したものをゲルろ過カラムにロードした。なお、このゲルろ過カラムはタンパク質 A～D を分離できるものを使用した。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

5．生化学

（つづき２ページ目。すべてに解答してください。）

① DEAEセルロースカラムは、通常どのようなタンパク質を結合させるカラムであるかを答えよ。さらに、このカラムからタンパク質を溶出する一般的な方法を述べよ。

② この実験でDEAEセルロースカラムに結合したタンパク質を予想し、その理由を説明せよ（複数あれば複数答えよ）。

③ この実験でゲルろ過カラムから最初に溶出されるタンパク質を予想し、その理由を説明せよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

5．生化学

（つづき３ページ目。すべてに解答してください。）

［2］次の文章を読み、問い（1）～（7）に答えよ。

植物の光合成においては、細胞内にある葉緑体が光合成反応の場となっている。葉緑体では、チラコイド膜にある光合成電子伝達系のはたらきによって光エネルギーが化学エネルギーに変換され、反応の(a)副産物として酸素が発生する。光合成電子伝達系には、膜に埋め込まれたタンパク質複合体として、光化学系Ⅰ複合体，光化学系Ⅱ複合体とそれらの間を結ぶシトクロム b_6f 複合体がある。これらの複合体間で複数のタンパク質が電子を運搬し、(b)電子伝達系をつないでいる。

光合成電子伝達系においては、水が分解して生成した電子が移動し、［　(X)　］が還元される。この電子伝達と共役して ATP が合成される。生成した［　(Y)　］と ATP は葉緑体のストロマにおいて (c)CO_2 の固定に使われる。CO_2 を糖に変換する反応経路は、13 種類の酵素が連続してはたらく複雑な反応で、カルビン回路とよばれる。

（1）下線部(a)に関して、酸素が副産物である理由を、酸素が発生する仕組みを含めて説明せよ。

（2）下線部(b)に関して、シトクロム b_6f 複合体と光化学系Ⅰ複合体の間の電子伝達を仲介する銅イオンを保持するタンパク質の名前を答えよ。

（3）（X）と（Y）は、それぞれある化合物の酸化型と還元型である。（X）と（Y）に当てはまる適切な語句をそれぞれ略号で答えよ。

（4）下線部(c)に関して、カルビン回路における CO_2 固定の第一段階は、ルビスコ（リブロース 1,5-ビスリン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ）が触媒する。ルビスコのカルボキシラーゼ反応の生産物は何か、その名称を答えよ。

（5）ルビスコのオキシゲナーゼ反応について次の語句をすべて用いて説明せよ。
CO_2、ホスホグリコール酸、光呼吸

（6）次頁に示す実験結果から、条件Ａにおける（Y）の生成速度（M min^{-1}）を、有効数字２桁で求めよ。その計算過程をかならず示すこと。なお、340 nm における（Y）のモル吸光係数は 6.2×10^3 $M^{-1}cm^{-1}$ であり、吸光度を測定したセルの光路長は 1.0 cm とする。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

5．生化学

（つづき４ページ目。すべてに解答してください。）

（実験）

ホウレンソウから精製した、光化学系Ⅰ複合体、光化学系Ⅱ複合体、シトクロム b_6f 複合体、電子を運搬するタンパク質の標品を混合し、90 秒間、光を照射した。これにより、光合成電子伝達系を試験管内で再現した。反応液には、緩衝液とイオン成分、精製タンパク質に加えて、(X) を添加した。緩衝液は各タンパク質が機能するのに適切な pH、温度で維持されているものとする。電子伝達反応は、340 nm の吸光度変化によって評価した。その結果を図１に示す。条件 A はすべての成分を添加した溶液条件を示し、条件 B は光化学系Ⅰ複合体以外の成分すべてを添加した溶液条件を示す。

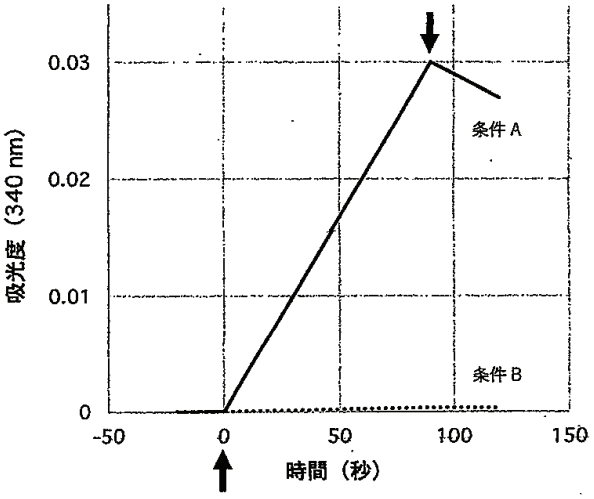


図１． 光合成電子伝達系の再構成実験。上向きと下向きの矢印は、反応溶液への光照射開始と終了を示す。条件 A は実線、条件 B は点線でそれぞれを示す。

Eric Lam and Richard Malkin, "Reconstruction of the chloroplast noncyclic electron transport pathway from water to NADP with three integral protein complexes", *PNAS*, 79 (18) 5494-5498 より作成

（７） （６）の条件 A の反応液に、葉緑体から精製した ATP 合成酵素と ADP およびリン酸を加えて、光を照射した。光照射前と照射後に反応溶液中の ATP 量を測定したところ、ATP の増加はほとんど認められなかった。その理由を、ATP が光合成電子伝達系によって生成されるメカニズムをふまえて説明せよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

6．分子生物学

（分子生物学の設問は３ページです。すべてに解答してください。）

［1］ 次の文章を読んで、問い（1）、（2）に答えよ。

ゲノム上にコードされたタンパク質の遺伝情報は、DNA→mRNA→タンパク質といった（ A ）の概念に沿って発現する。この遺伝子発現の過程では３種類の RNA が関与している。遺伝子の（ B ）配列は、タンパク質の合成を指令する mRNA に転写される。mRNA の配列情報を(a)tRNA が読み取り、ひとつひとつのアミノ酸が（ C ）結合でつながることでタンパク質が合成される。この際に、哺乳動物においては、（ D ）S、5.8S および 5S のサイズの（ E ）を構成成分とする大サブユニットと（ F ）S のサイズの（ E ）を構成成分とする小サブユニットからなる（ G ）がはたらく。（ A ）の概念における mRNA→タンパク質の過程を（ H ）と呼ぶ。

（1）（ A ）～（ H ）にあてはまる適当な語句、または数字を答えよ。

（2）下線部(a)に関して、問い ① ～ ⑧ に答えよ。

① tRNA の「t」の意味を日本語で答えよ。

② tRNA の構造は、その特徴的な二次構造から何と呼ばれているかを答えよ。

③ 遺伝子から mRNA に転写された遺伝情報は、特定のアミノ酸に対応するコドンという 3 文字配列のつながりである。tRNA は、それぞれのコドンに対応したアミノ酸を（ G ）上で伸長する鎖の末端にはこぶ。tRNA にアミノ酸を結合する酵素の総称を答えよ。

④ コドンと相補的な tRNA 中に存在する配列は何と呼ばれているかを答えよ。

⑤ tRNA は 3 つのステムアンドループと呼ばれる二次構造をもっている。④の配列は tRNA の 5'末端から数えて何番目のステムアンドループに位置するのかを答えよ。

⑥ 表１はコドン表を示している。コドン表の（ あ ）～（ う ）にあてはまる適当なコドンまたは語句を答えよ。

⑦ 表１に示されているように、ほとんどのアミノ酸は複数のコドンに指定されている。このことは遺伝暗号の何と呼ばれているかを答えよ。

⑧ あるヒトタンパク質遺伝子は、大腸菌におけるレアコドンに対応する配列をコード領域に多数もつ。大腸菌でこの遺伝子の発現を試みたが、タンパク質合成量が極めて低かった。レアコドンとは何かを答えよ。また、このタンパク質の合成量を増やすためにはどのようにしたらよいかを答えよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

6．分子生物学

（つづき２ページ目。すべてに解答してください。）

表１．コドン表

第1塩基	第2塩基 U			第2塩基 C			第2塩基 A			第2塩基 G			第3塩基
U	(あ) UUC	Phe		UCU UCC	Ser		UAU UAC	Tyr		UGU UGC	Cys		U C
	UUA UUG	Leu		UCA UCG			UAA UAG	終止		UGA (い) UGG	Trp		A G
C	CUU CUC	Leu		CCU CCC	Pro		CAU CAC	His		CGU CGC	Arg		U C
	CUA CUG			CCA CCG			CAA CAG	Gln		CGA CGG			A G
A	AUU AUC	Ile		ACU ACC	Thr		AAU AAC	Asn		AGU AGC	Ser		U C
	AUA AUG		(う)	ACA ACG			AAA AAG	Lys		AGA AGG	Arg		A G
G	GUU GUC	Val		GCU GCC	Ala		GAU GAC	Asp		GGU GGC	Gly		U C
	GUA GUG			GCA GCG			GAA GAG	Glu		GGA GGG			A G

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

6．分子生物学

（つづき３ページ目。すべてに解答してください。）

［2］ 次の文章を読んで、問い（1）～（8）に答えよ。

組換えDNAを利用することにより、遺伝子のさまざまな機能解析が可能になる。例えば、細胞に微量しか含まれず調製困難なタンパク質の遺伝子を(a)大腸菌で発現させることで、そのタンパク質が大量に得られ、生化学的な解析が可能になる。また、(b)変異を導入した遺伝子を細胞で発現させて生理現象を調べることで、その遺伝子の詳細な機能の解析が可能になる。さらに、目的タンパク質と(c)レポータータンパク質の遺伝子を融合して発現させることで、目的タンパク質の細胞内局在の解析が可能になる。

あるプラスミドに含まれる遺伝子断片を他のプラスミドに挿入して新しい組換えプラスミドを作製することをサブクローニングと呼び、組換えDNAの作製には欠かせない作業である。通常、次の手順で行う。

- プラスミドXに含まれる遺伝子断片Qとプラスミド Yを、（ A ）を用いて切断する
- 遺伝子断片Qと切断したプラスミドYを、（ B ）を用いて連結する
- （ B ）反応産物を用いて(d)大腸菌を形質転換する
- (e)抗生物質耐性を示した大腸菌コロニーの中から、遺伝子断片Qをもつクローンを選択する

また、ゲノムDNAや(f)mRNAを元に合成したcDNAを鋳型にして(g)PCRを行うことで、プラスミドに挿入する遺伝子断片を得ることもある。

（1）（ A ）、（ B ）にあてはまる適当な語句を答えよ。

（2）下線部(a)に関して、大腸菌が頻繁に用いられる理由を３つ挙げよ。

（3）下線部(b)に関して、機能解析するタンパク質の特定のアミノ酸残基を他のアミノ酸残基へ置換する変異導入が行われる。このような変異のことを何と呼ぶか。以下の①～④から選べ。

① サイレント変異　② ナンセンス変異　③ ミスセンス変異
④ フレームシフト変異

（4）下線部(c)に関して、レポータータンパク質の例を１つ答えよ。

（5）下線部(d)に関して、大腸菌を形質転換する方法を２つ挙げ、その概略を答えよ。

（6）下線部(e)に関して、アンピシリンとテトラサイクリンの作用機序をそれぞれ簡潔に答えよ。

（7）下線部(f)に関して、cDNAの合成に必須な酵素名を答えよ。さらに、真核生物のmRNAからcDNAを合成するときに、オリゴdTプライマー（十数個のチミジン残基からなるDNAプライマー）が用いられる。その理由を答えよ。

（8）下線部(g)に関して、PCRによって遺伝子断片を増幅する方法を説明せよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

7．微生物学

（微生物学の設問は２ページあります。すべてに解答してください。）

［1］細菌の分離と同定に関する次の文章を読み、問い（1）～（6）に答えよ。

実験１：ヒト糞便中に存在する菌を調べようとして、健常人の新鮮便を採取した。生理的食塩水に懸濁した後、軽く遠心して上清を得てから、希釈した上清を用いてグラム染色を行った。光学顕微鏡で観察すると、きわめて多数の細菌が観察されるとともに、(a)死んだ細菌の断片も含まれていた。

実験２：実験１の希釈上清を、LB 寒天培地に塗布した。通常のインキュベーターで 37 ℃、一晩保温して翌日観察したところ、多くのコロニーが観察された。コロニーを形成した細菌には、*Bacillus subtilis*、*Escherichia coli*、*Lactobacillus delbrueckii* が含まれていることが予想された。そこで、１つのコロニーから一部の菌体を取り、染色したところ、(b)グラム染色陰性の桿菌であった。別の２つのコロニーの菌体を染色したところ、いずれも(c)グラム染色陽性の桿菌であり、一方は培地中の乳糖を乳酸に変換したが、もう一方では乳酸への変換は見られなかった。

実験３：実験１の希釈上清中で観察された細菌数に比べると、(d)LB 培地で観察されたコロニー数は非常に少なかった。そこで、（　あ　）を用いた嫌気条件下で、実験１の希釈上清を液体培地に接種後、一晩、嫌気培養した。培地から１種類の細菌を単離したところ、グラム染色陽性の桿菌で（　い　）性の *Bifidobacterium longum* と同定された。なお、*Escherichia coli* と *Lactobacillus delbrueckii* は（　う　）性である。

（1）上の文章中の（　あ　）に当てはまる装置の名称を答えよ。

（2）上の文章中の（　い　）と（　う　）に当てはまる酸素要求性に関する性質を答えよ。

（3）下線部(a)に関して、これらに含まれるグラム染色陰性細菌由来の物質は、哺乳類において炎症反応を惹起する。この物質は一般に何と呼ばれるか。また、細菌のどの部位に局在するか答えよ。

（4）下線部(b)に関して、上記のうち、いずれの菌種と考えられるか、学名を記せ。

（5）下線部(c)に関して、上記のうち、いずれの菌種と考えられるか、学名を記せ。また乳酸への変換反応を一般に何と呼ぶか、答えよ。

（6）下線部(d)に関して、なぜ少なかったのか理由を３つ挙げて説明せよ。また、糞便に含まれる菌種とその存在量を調べるためにはどのような方法を用いたらよいか、考えを記せ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

7．微生物学

（つづき２ページ目。すべてに解答してください。）

［2］微生物の利用に関する次の文章を読み、問い（1）～（6）に答えよ。

(a)発酵法によって日本で最初に工業生産されたアミノ酸は、昆布だしの旨味の本体として明らかにされたL-グルタミン酸である。(b)L-グルタミン酸を菌体外に多量に蓄積する細菌は、いわゆるコリネ型細菌に多く認められる。現在知られているL-グルタミン酸大量蓄積菌のほとんどは、ビタミンの一種である（　あ　）を生育必須因子として要求するという共通した性質を有している。（　あ　）の供給量が十分の場合は、菌の生育は良好であるが、L-グルタミン酸はほとんど蓄積しない。一方、(c)（　あ　）の量を制限して生育最低濃度付近にするとL-グルタミン酸が多く菌体外に蓄積する。

L-グルタミン酸発酵においては、培地中に添加された糖質は解糖系を経てTCAサイクルに入り、2-オキソグルタル酸に変換される。(d)2-オキソグルタル酸にグルタミン酸脱水素酵素が作用することによって、L-グルタミン酸が生成する。

（1）上の文章中の（　あ　）に当てはまる化合物名を答えよ。

（2）下線部(a)に関して、ここでの「発酵」とは、どのような意味で用いられているか説明せよ。また、これとは異なる意味で用いられる微生物における「発酵」についても説明せよ。

（3）下線部(b)に関して、このような細菌の具体例を種名（学名）で答えよ。

（4）下線部(c)に関して、なぜこのような現象が起こるのか、その機序を説明せよ。

（5）下線部(d)に関して、この反応を化学反応式で示せ。特に、2-オキソグルタル酸とL-グルタミン酸については化学構造式で表記せよ。ただし、L-グルタミン酸の立体配置については表示しなくてよい。

（6）L-グルタミン酸の工業生産に適した細菌を新たに開発するために、環境中の土壌からL-グルタミン酸を菌体外に多量に産出するL-グルタミン酸高生産株を単離することにした。土壌サンプルの懸濁液の一部をアンモニウム塩含有寒天培地上に塗布すると、様々な形態の細菌のコロニーが多数生じるが、その中からL-グルタミン酸高生産株を効率よく単離するにはどのようにすればよいか説明せよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

8．人体の構造と機能

（人体の構造と機能の設問は３ページあります。すべてに解答してください。）

［1］消化器系について以下の問い（1）～（3）に答えよ。

（1）胃に関する以下の文章の［ア］～［セ］にあてはまる適切な語句を下の枠内から選び答えよ。

胃は食道に続くＪの字の形をした消化器官で、４つの主要な部位に分けられる。［ア］は胃の上部の入り口を取り囲んでおり、［イ］は［ア］より左上部にある丸い部分である。［イ］の下方の中心にある大きな部分は［ウ］といい、最も下方にある部分は［エ］という。また、［エ］と十二指腸の間には［オ］と呼ばれる環状の筋肉がある。胃壁の表面は粘膜で覆われており、ヒダが形成されている。その表面には［カ］と呼ばれる小さなくぼみが無数に開いており、消化腺である［キ］が開口している。［キ］には３種類の外分泌細胞が存在し、粘液細胞は粘液を分泌する。［ク］細胞は不活性型の酵素である［ケ］を分泌する。［コ］細胞は［サ］を分泌し、［ケ］を活性型の消化酵素である［シ］に変換する。また、内分泌細胞である［ス］細胞も存在し、［セ］と呼ばれるホルモンを分泌する。

胃小窩、胃腺、胃体、胃底、咽頭、L、塩酸、外肋間筋、ガストリン、胸鎖乳突筋、空腸、K、喉頭、杯、G、GLP-1、主、セクレチン、腸腺、プラスミノーゲン、プラスミン、噴門、壁、ペプシノゲン、ペプシン、幽門、幽門括約筋

（2）胆汁に関する以下の問い①～④に答えよ。

① どのような役割をもつか。
② ①の役割を担う胆汁に含まれる物質（総称）は何か。
③ 産生される臓器は何か。
④ 蓄えられる臓器は何か。

（3）三大栄養素の消化に関する下の表について、①と②の名称を答えよ。③～⑤については下の(a)～(f)から最も適当な記号を選べ。

消化反応	消化酵素	酵素産生場所
炭水化物→オリゴ糖や二糖類	①	③
タンパク質→ペプチド	［シ］	胃
	トリプシン	④
トリグリセリド→ モノグリセリド＋脂肪酸	②	⑤

(a)唾液腺、(b)膵臓、(c)小腸、
(d)唾液腺と膵臓、(e)唾液腺と小腸、(f)膵臓と胃

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

８．人体の構造と機能
（つづき２ページ目。すべてに解答してください。）

［２］腎臓について以下の問い（１）～（２）に答えよ。

（１）腎クリアランスは、単位時間に腎臓を灌流する血漿中から尿中に除去されるある物質が何 mL の血漿中に含まれていたかを示す指標である。以下の問い①～④に答えよ。

① 物質 X のクリアランス（C_X）をあらわす式を、以下の計測値を用いて、単位とともに答えよ。

U_X：　X の尿中濃度（mg/mL）
V：　尿量（mL/min）
P_X：　X の血漿中濃度（mg/mL）

② パラアミノ馬尿酸（para-aminohippuric acid: PAH）を血中に少量投与すると、糸球体濾過と尿細管での分泌を受け、ほぼ全てが尿中に排泄される。このときの計測値が以下の通りであった。PAH のクリアランス C_{PAH} はいくらかを答えよ。

U_{PAH}：　14 mg/mL
V：　0.7 mL/min
P_{PAH}：　0.02 mg/mL

③ C_{PAH} は腎臓に関わるどのような機能（量または速度）を反映するかを答えよ。

④ 心原性ショックに陥った場合、この値はどう変化すると予想されるかを答えよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

8．人体の構造と機能

（つづき３ページ目。すべてに解答してください。）

（2）下の表はある成人男性が腎臓で処理する血漿中溶質を示している。以下の問い①～④に答えよ。

溶質	24時間量				再吸収率
	濾過	再吸収	分泌	排泄	(%)
Na^+ (mEq)	25,900	25,700	0	200	99.2
K^+ (mEq)	610	570	50	90	93.4
Cl^- (mEq)	18,200	18,050	0	150	99.2
HCO_3^- (mEq)	4,910	4,910	0	0	100
溶質A (mmol)	873	463	0	410	53.0
溶質B (mmol)	12	0	0	12	0
溶質C (mmol)	50	49	4	5	98.0
溶質D (mmol)	820	820	0	0	100
全溶質 (mOsm)	54,000	53,400	100	700	98.9
水 (mL)	180,000	179,000	0	1,000	99.4

① 糸球体濾過量（glomerular filtration rate: GFR）は、腎ネフロン、特に糸球体機能を反映する指標であるが、ある適切な溶質Yのクリアランスを計測することで推定できる。溶質Yの候補として、表中の溶質A～Dのどれが適当かを答えよ。またその理由について、1行程度で答えよ。但し、溶質A～Dはいずれも糸球体を自由に通過する。

② 溶質 Y に関わる計測値が以下の通りであった。腎臓を灌流する血漿のうち糸球体で濾過される血漿の割合を示す濾過率がいくらかを答えよ。なお、問い（1）で求めた値も使用せよ。

U_Y : 1.8 mg/mL
V : 0.7 mL/min
P_Y : 0.01 mg/mL

③ GFRは1 minあたりの原尿量を示す。一方、上の表の水排泄量は1日あたりの尿量をおおまかに示している。排泄される尿の容量は、原尿の容量の何%に濃縮されているかを少数点以下第2位まで答えよ。

④ 原尿の濃縮には、尿細管から集合管にわたる全域での尿細管再吸収が関与する。下垂体後葉から分泌され、遠位曲尿細管と集合管の尿細管細胞膜に水チャネルを挿入することで、水の再吸収を促すホルモンは何か答えよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

9．公衆衛生学

（公衆衛生学の設問は４ページです。すべてに解答してください。）

［1］我が国における主要な死因に関する文章および死因別死亡率のグラフ中の（　ア　）～（　キ　）に入る語句を、文章の下の枠の中から一つずつ選べ。（　ク　）については、解答は不要である。

我が国における主要な死因別死亡率の年次推移は、図１に示される。我が国の死因構造は1950年以降の（　ア　）の減少により感染症から生活習慣病に変化していることがわかる。死因順位において（　イ　）は1980年以来、第１位であり、死亡総数に対する割合・死亡率とも増加の一途をたどっている。（　ウ　）は、1995年に急激に減少したように見えるが、これは国際疾病分類（ICD）の改訂に伴い、死亡診断書の原死因の記載法が改められたことによる。（　エ　）の死亡率は減少傾向にあるが、これは一次予防である食生活改善による食塩摂取量の減少傾向の関連が示唆されている。（　オ　）は、明治から昭和の初期には死因の第１位を占めていたが、生活環境、衛生状態の改善により減少傾向を示した。しかしながら、1980年頃より人口高齢化を背景に再度、増加傾向にある。（　カ　）と（　キ　）は、他の死因と比べて顕著な変化を示していないが、（　キ　）は若年層の死因順位が第１位である。

悪性新生物、結核、自殺、心疾患、肺炎、不慮の事故、脳血管疾患、老衰

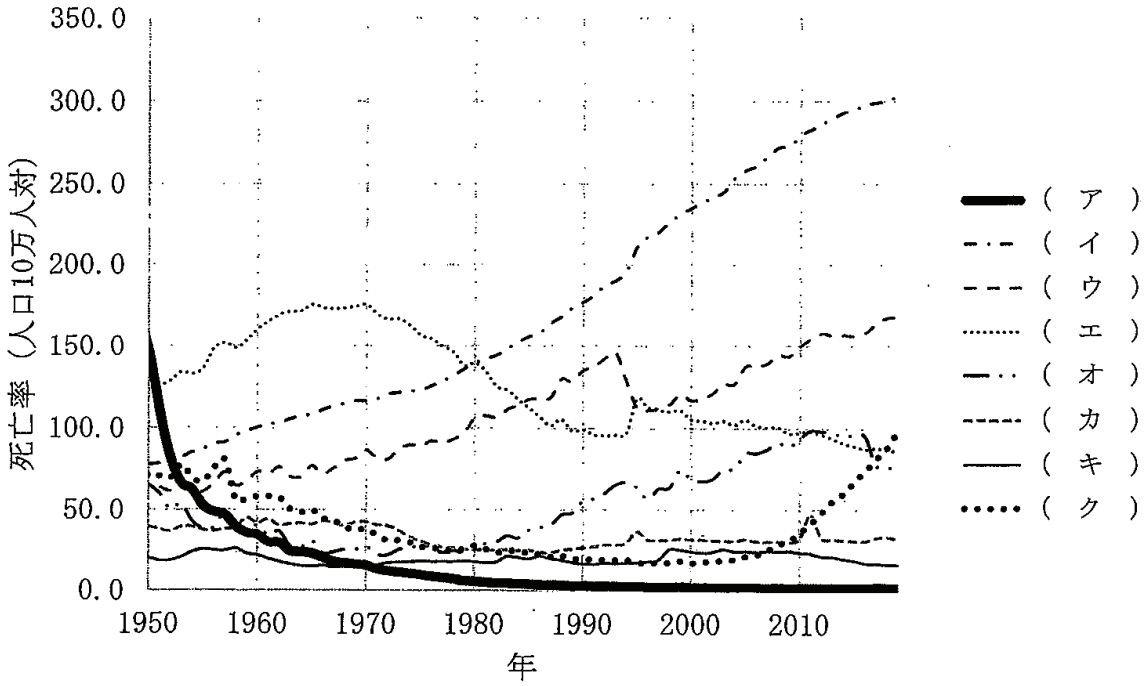


図 1．主要な死因別死亡率の年次推移
厚生労働省 令和元年（2019）人口動態統計（報告書）より作図
厚生労働統計協会（編）『国民衛生の動向 2020/2021』一般財団法人厚生労働統計協会，2020年，pp.61

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

9．公衆衛生学

（つづき２ページ目。すべてに解答してください。）

［2］ 疫学研究に関する以下の問い（1）～（3）に答えよ。

（1）疫学研究に関する記述のうち誤っているものをすべて選べ。また、その理由について簡潔に述べよ。

① 症例対照研究では、寄与危険度が算出できる。
② 後ろ向き研究では、過去の記録をもとに、特定の事象について追跡する。
③ 症例対照研究は、まれに発症する疾病の調査に適している。
④ 前向きコホート研究の方が、症例対照研究に比べて経費と労力が少ない。
⑤ 症例対照研究では、相対危険度の近似値を求めることができる。

（2）原因と結果の間に介在する第３の因子によって因果関係の検証がゆがめられる現象を指す言葉として最も適切なものを一つ選べ。

① 思い出しバイアス
② 観察バイアス
③ 偶然誤差
④ 交絡
⑤ 選択バイアス

（3）臨床・疫学研究のデザインについて、エビデンスレベルが高い順番に並べよ。

① 症例対照研究
② 症例報告
③ 少なくとも１つの RCT
④ 複数の RCT のメタアナリシス
⑤ 前向きコホート研究

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

9．公衆衛生学

（つづき３ページ目。すべてに解答してください。）

［３］ 日本の医療保険制度に関する文章中の（ ア ）～（ ケ ）に入る語句を、文章の下の枠の中から一つずつ選べ。

日本の医療保険は 1958 年の国民健康保険法改正により実現した（ ア ）が特徴的である。医療保険は、被用者を対象とする被用者保険、自営業者や農業者を対象とする（ イ ）、原則として 75 歳以上の高齢者を対象とする（ ウ ）に大別される。保険料を徴収し医療保険を運営する主体を（ エ ）といい、保険料を納め、医療給付を受ける者を（ オ ）という。（ オ ）が保険医療機関を受診すると、保険医療機関から（ カ ）に対して（ キ ）の請求が行われる。（ エ ）は（ カ ）を通じて、（ キ ）を保険医療機関に支払う。なお、（ オ ）は保険医療機関に１割～（ ク ）程度の（ ケ ）を支払う。

後期高齢者医療、国民皆保険制度、国民健康保険、自己負担金、審査支払機関、診療報酬、被保険者、保険者、２割、３割、４割

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

9．公衆衛生学
（つづき４ページ目。すべてに解答してください。）

［4］ 日本の人口統計に関する文章を読んで以下の問い（1）～（3）に答えよ。

日本で実施されている国勢調査は、人口（ ア ）統計の一つであり、（ イ ）年に一度、実施される。人口（ ウ ）統計は、厚生労働行政施策の立案のための基礎資料として作成される全数調査であり(a)5つの項目から構成される。人口構造の分析では、年齢3区分による整理が行われている。すなわち、（ エ ）人口（0～14歳）、（ オ ）人口（15～64歳）、（ カ ）人口（65歳以上）に区分し、それぞれの人口との相互関係から算出される各種の指数が保健・医療・福祉の分野で活用される。仮に日本の（ エ ）人口、（ オ ）人口、（ カ ）人口の割合が、それぞれ12.0 %、60.0 %、20.0 %とする。この場合、（ エ ）人口指数、（ カ ）人口指数、（ カ ）化指数は、それぞれ（ A ）、（ B ）、（ C ）と算出される。

（1）文中の（ ア ）～（ カ ）にあてはまる適切な語句を下の枠の中から一つずつ選べ。

高齢、従属、状況、小児、生産年齢、成人、静態、動態、独立、年少、老年、1、5、10

（2）文中の（ A ）～（ C ）にあてはまる数値を計算して答えよ。数値は有効数字3桁で答えよ。

（3）下線部(a)に関して、5つの項目とは、どのような項目か記載せよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

１０．プログラム言語

（プログラム言語の設問は４ページあります。すべてに解答してください。）

［1］ 次ページのプログラムは、構造体 struct cell を使って表現された二分木の中から 50 というデータを探索し、根からそのデータまでの要素の配列要素番号を表示するプログラムであり、０ １ ４ が表示される。このプログラムでは、スタックが使われており、スタックにデータを登録する関数は void push(int)、スタックからデータを取り出す関数は int pop()とする。また、データを取り出すことなく、その時点でスタックに登録されているデータを表示する関数を printstack()とする。このプログラムについて、問い（１）～（５）に答えよ。

（１）空欄 [1] 、[2] 、[3] に入るもっとも適切な変数型を示せ。

（２）このプログラムでは、二分木の根を表す配列 cd[]の要素番号は、変数 root に格納されている。このプログラムで生成される二分木を図示せよ。

（３）このプログラムで使うことができるスタックに関する関数 push()と pop()を示せ。なお、これらの関数を使用するために必要な関数があれば、それも示せ。また、大域変数が必要な場合は、その変数の宣言も示せ。さらに、main 関数に必要な文がある場合は、どこにどのような文の追加が必要であるかも示せ。

（４）空欄 [4] には、関数 search_data()に対する再帰呼び出しを使った子要素への探索が記述されるのと同時に、探索経路を保存するためのスタック操作が記述される。空欄 [4] に入るプログラムを示せ。

（５）二分木とはどのようなデータ構造か説明せよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

１０．プログラム言語

（つづき２ページ目。すべてに解答してください。）

```
01: #include <stdio.h>
02: struct cell { int d, l, r; } cd[10];
03: int root = 0;
04: [    1    ] search_data( [    2    ] now, [    3    ]  target) {
05:   if (now == -1) {
06:     return;
07:   } else if (cd[now].d == target) {
08:     printstack();
09:     return;
10:   } else {
11:     [                          ]
12:     [                          ]
13:     [            4             ]
14:     [                          ]
15:     [                          ]
16:     [                          ]
17:     return;
18:   }
19: }
20: int main(void) {
21:   cd[0].d = 10; cd[0].l = 1; cd[0].r = 2;
22:   cd[1].d = 20; cd[1].l = 3; cd[1].r = 4;
23:   cd[2].d = 30; cd[2].l = 5; cd[2].r = 6;
24:   cd[3].d = 40; cd[3].l = -1; cd[3].r = -1;
25:   cd[4].d = 50; cd[4].l = -1; cd[4].r = -1;
26:   cd[5].d = 60; cd[5].l = -1; cd[5].r = -1;
27:   cd[6].d = 70; cd[6].l = -1; cd[6].r = -1;
28:   push(root);
29:   search_data(root, 50);
30:   pop(root);
31:   return 0;
32: }
```

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

１０．プログラム言語

（つづき３ページ目。すべてに解答してください。）

［2］ 以下のプログラムは、8×8 の碁盤目の上に 8 個のコインを置く置き方を調べるプログラムで、碁盤目の同一列、同一行には一つのコインしか存在しない置き方のみを出力するものである。このプログラムについて、問い（1）～（5）に答えよ。

```
01: #include <stdio.h>
02: int pos[8];
03: void set_pos(int n) {
04:   if (n == 8) {
05:     if (check_pos() == 1) {
06:       for (int i = 0; i < 8; i++) {
07:         printf("%d ", pos[i]);
08:       }
09:       printf("¥n");
10:     }
11:   } else {
12:     for (int i = 0; i < 8; i++) {
13:       pos[n] = i;
14:       [          1          ] ;
15:     }
16:   }
17: }
18: int main(void) {
19:   set_pos(0);
20:   return 0;
21: }
```

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

１０．プログラム言語

（つづき４ページ目。すべてに解答してください。）

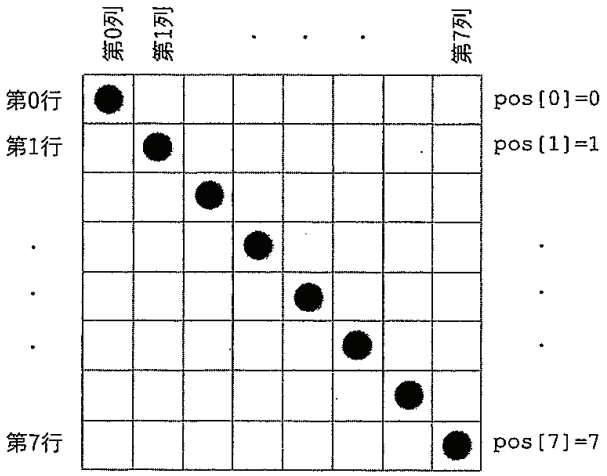
（１）変数 pos[]には、第 n 行に置くコインの位置を保存しており、例えば pos[2]が 3 の場合、第 2 行のコインは第 3 列の位置に置いてあることを示している。下図に示すように pos[0]～pos[7]に 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 が入っている場合、全ての列にコインは一つずつしか存在せず、同時に、全ての行にコインは一つずつしか存在しない状態になっている。このような場合に 1 を返し、そうでない場合は 0 を返す関数が check_pos()関数である。関数 check_pos()を示せ。

（２）関数 check_pos()が 1 を返すような配列 pos[]の例を示せ。ただし、問い（１）に挙げた例以外の例を示すこと。

（３）関数 set_pos()は、13 行目で第 n 行に置くコインの位置を決定し、次の行に置くコインの位置を再帰的に決定することで、コイン位置の探索を行っている。空欄 [1] に入る文を示せ。

（４）関数 set_pos()の代わりに、一つの for 文でコインの配置を調べる関数 for_pos()を作ることを考える。ここでは、10 進数で 8 桁の整数を考え、この整数の第 1 桁の値（1 の位の数）が pos[0]，第 2 桁の値（10 の位の数）が pos[1]，・・・，第 n 桁の値が pos[n-1]となるようなループを作り、関数 check_pos()を呼び出して条件を満たしている場合は、関数 set_pos()と同様に pos[]の値を表示することとする。8 桁の int 型変数 x の第 2 桁（10 の位の数）を取り出して表示する方法を説明せよ。

（５）関数 for_pos()を示せ。ただし、int 型変数の最大値は 76543210 より大きいものとする。



図

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

１１．バイオアルゴリズム

（バイオアルゴリズムの設問は２ページあります。すべてに解答してください。）

［1］ 記憶のない定常情報源Ｓがあり、文字A, T, G, Cをそれぞれ確率 $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{8}$ で出力するとする。このとき、以下の問い（1）～（3）に答えよ。

（1）情報源Ｓの平均情報量は何ビットか、求めよ。
（2）情報源Ｓから６文字の出力系列として CGCGAT を得たとき、１文字当たりの情報量は何ビットか、求めよ。
（3）情報源Ｓから６文字の出力系列を得たとき、１文字当たりの情報量の最大値と最小値はそれぞれ何ビットか、求めよ。また、最大値と最小値を与える出力系列の例を、各々１つ挙げよ。

［2］ ドットマトリックス法は、２つの塩基配列間にある類似性を視覚的に表現する手法である。以下の問い（1）～（2）に答えよ。

（1）ドットマトリックス法を用いる際には、ウィンドウという概念が用いられる。これは、配列間で塩基を１つずつ比較するのでなく、いくつかの塩基（ウィンドウ）をまとめて比較するものである。一般に、大きなウィンドウサイズを用いてフィルタリングすることには、どのような利点と欠点があるか。それぞれ述べよ。
（2）ドットマトリックス法は、２つの塩基配列の比較だけでなく、１つの塩基配列について、その配列自身との比較にも用いることができる。いま、ある塩基配列Ｘとそれ自身との比較を行ったところ、図１のようなプロットが得られた。ここから、塩基配列Ｘについてどのようなことがいえるか。簡潔に述べよ。

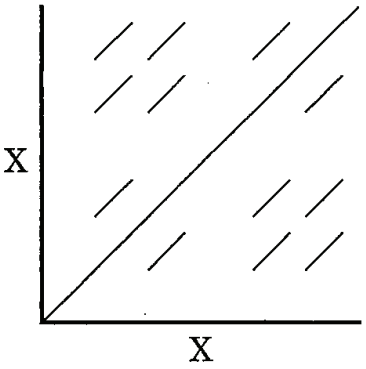


図１

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

［専門科目］

１１．バイオアルゴリズム
（つづき２ページ目。すべてに解答してください。）

［３］タンパク質の立体構造予測手法の１つとして、ホモロジーモデリングが挙げられる。構造予測の対象となるタンパク質と ⒜アミノ酸配列の相同性の高い ⒝タンパク質の立体構造を取得する。取得した構造を基に、アミノ酸の変異や構造の最適化を加えることにより、対象タンパク質の構造を予測する。この手法について、以下の問い（１）～（３）に答えよ。

（１）下線部⒜について、アミノ酸配列の相同性を評価する際には、単純な一致・不一致だけでなく、アミノ酸の性質の類似性が考慮される。この類似性を数値化した表がアミノ酸置換行列である。一般に用いられているアミノ酸置換行列の名称を１つ挙げよ。
（２）下線部⒝について、タンパク質の立体構造が登録されている一次データベースを１つ挙げよ。
（３）ホモロジーモデリングが有効に機能するための条件を述べよ。