

2021 年度
大学院理工学研究科【環境共生工学専攻】博士前期課程
一般選抜試験(第 I 期)問題

専 門

開始時刻 午後 12 時 30 分

終了時刻 午後 14 時 30 分

【注意事項】

1. 答案用紙には受験番号、氏名を必ず記入してください。
2. 計 8 問題の中から 3 問題を選択して解答してください。各科目のページは以下の通りです。4 問題以上を解答した場合は、全て無効になります。

分子生物学	: p1~p2	微生物学	: p3~p4
有機化学	: p5~p6	物理化学	: p7~p8
分析化学	: p9~p10	微積分学	: p11
生態学	: p12	環境生理学	: p13~p14

3. 答案用紙は選択する科目ごとに異なるものを使用し、受験番号、氏名を記入してください。
4. 配布された答案用紙・計算用紙は試験が終了したら、必ずすべて提出してください。(問題用紙は提出しなくてよい)
5. 電卓・定規の必要な方は申し出てください。

分子生物学

問 1

PCR は、DNA の特定領域を簡便に増幅する技術であり、新型コロナウイルスの検出など、医学・生物領域で広く使われている。PCR について、以下の問いに答えなさい。

問 1-1 PCR とは、何を略したものか。答えなさい。

問 1-2 PCR は、どのようにして特定の DNA 領域を特異的に増幅しているのか。原理も含め、反応を順を追って説明しなさい。

問 1-3 何の開発により、PCR が簡便に行えるようになったのか。理由も含めて答えなさい。

問 1-4 マウスの大脳で発現しているタンパク質 A (ゲノム配列と cDNA 配列は明らかになっており、両者は異なっている) の遺伝子をクローニングしたい。何を用意し、どのような手順で実験を行うのか。各段階でどのような点に注意を払うべきかを含め、答えなさい。ただし、クローニングした遺伝子断片は、タンパク質 A の活性を測定するために、タンパク質 A の発現に用いるものとする。

問 2

以下の文章は、真核細胞における転写と翻訳についての記述である。読んで、問いに答えなさい。

核内で、タンパク質をコードしている DNA を鋳型として (1) により、mRNA 前駆体が転写される。(1) は (2) 領域に結合し、mRNA 前駆体の合成を始める。転写が開始し、(1) が (2) 領域から離れて間もなく、mRNA 前駆体の (3) 末端が現れ、それと同時にこの部分の修飾がおこり、(4) が形成される。また、転写の終結に並行して、(5) 末端に、100 から 500 塩基程度の (6) の付加が起る。mRNA 前駆体は、タンパク質をコードする (7) 部分とコードしない (8) 部分からなり、(9) により、(10) を受け、成熟した mRNA となり、核孔を通り、細胞質へ輸送される。

mRNA からタンパク質への翻訳は、リボソーム上で行われ、その開始には、(4) と (6) が関わっている。

問 2-1 (1) から (10) に、適切な言葉を入れなさい。

問 2-2 TATA ボックスとは何か。説明しなさい。

問 2-3 どのようにして、転写が、組織特異的、時期特異的に制御されているのか。説明しなさい。

問 2-4 問題文中の“(9) により、(10) を受け”について、その機構を説明しなさい。

問 3

オペロンは、原核生物のゲノムに特有な構造である。以下の問いに答えなさい。

問 3-1 真核生物との違いを考慮し、ラクトースオペロンを例に挙げて、オペロンの構造について説明しなさい。

問 3-2 ある種のプラスミドベクターでは、プラスミドベクターに組み込みたい遺伝子断片が挿入されたか否かを、X-gal を用いたブルー・ホワイトセレクションでコロニーの色から判断している。何故、遺伝子断片が挿入されたベクターをもつ大腸菌のコロニーを選択できるのか、理由を説明しなさい。

問 4

以下の問題について答えなさい。

問 4-1 マイクロ RNA とは、何か。どのように生成され、どのような機能を持つのか、説明しなさい。

問 4-2 岡崎フラグメントとは、何か。どうしてこのようなものが生成されるのか、説明しなさい。

問 4-3 ヒストンのメチル化とクロマチン構造の関連について、説明しなさい。

問 4-4 SNP とは、何か。また、これにより何が起きているのか。あわせて説明しなさい。

問 4-5 ゲノム編集の方法を一つ挙げ、その方法(原理)について説明しなさい。

微生物学

問1：次の文章を読んで以下の(1)～(3)に答えなさい。

微生物の培養に用いられる培地には、A 液体培地と固体培地がある。固体培地は、液体培地を(a)で固めたものである。培地は、その組成によりいくつかに分類することが出来る。酵母や肉などの天然物の抽出物を含む培地は、(b)培地または天然培地と呼ばれる。一方、精製された既知化合物のみを含む培地は(c)培地と呼ばれる。(c)培地の中でも、対象とする微生物の生育にとって必要最小限の化合物のみを含む培地は(d)培地と呼ばれ、その微生物の(e)などを調べる際に有用である。

B 培養した微生物の一部をとって新しい培地に接種することを植え継ぎといい、これを繰り返すことを(f)培養という。一方、古い培地を、一定の割合で常に新鮮な培地と入れ替えながら行われる培養を(g)培養という。(g)培養によって、微生物の(h)や(i)を一定に保つことが可能となる。

(1) 文章中の空欄(a)～(i)にあてはまる語句として最も適切なものを、下の語群から選び番号で答えなさい。

- | | | | |
|-----------|-----------|----------|-----------|
| 1. 寒天 | 2. デンプン | 3. グリセリン | 4. 合成 |
| 5. 変性 | 6. 最適 | 7. 最少 | 8. 完全 |
| 9. 生育温度 | 10. 生育 pH | 11. 増殖速度 | 12. 細胞サイズ |
| 13. 栄養要求性 | 14. 試験管 | 15. 継代 | 16. 連続 |
| 17. DNA | 18. タンパク質 | 19. 耐性 | 20. 濃度 |

(2) 下線部 A の滅菌に用いられる最も一般的な方法について、使用される機器や滅菌の条件を簡単に説明しなさい。

(3) 下線部 B にはいくつかの方法がある。プレート上のコロニーを、新しいプレートに画線法を用いて接種する方法の手順を簡単に説明しなさい。

問2：大腸菌をグルコースとラクトースの両方を含む培地で培養すると、二段増殖(ま

たは二段階増殖) と呼ばれる増殖を示す。この二段増殖における大腸菌細胞密度の経時変化を示す増殖曲線を描きなさい。また、二段増殖が起こる理由を、ラクトースオペロンの発現調節機構を説明する事により述べなさい。

問 3 : ウイルスの基本的な構造について、下記の語をすべて用いて説明しなさい。

核酸、カプシド、ヌクレオカプシド、エンベロープ、スパイク

問 4 : バクテリオファージは細菌に感染するウイルスであるが、ビルレントファージ (溶菌ファージ) とテンプレートファージ (溶原ファージ) の増殖サイクルを比較しながら説明しなさい。

問 5 : RNA ウイルスの持つ RNA 依存性 RNA ポリメラーゼについて、以下の (1) と (2) に答えなさい。

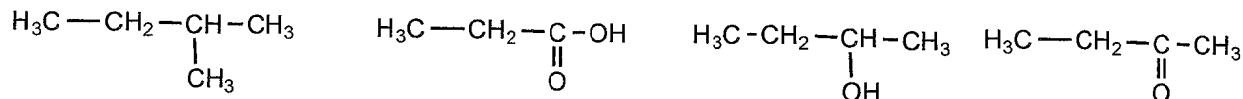
(1) どのような活性を持つ酵素かを説明しなさい。

(2) (-)センス RNA (マイナス鎖 RNA) を遺伝子として持つウイルスの増殖において、RNA 依存性 RNA ポリメラーゼは、どのような役割を果たすかを述べなさい。

有機化学

問 1: 次の各問い (1)~(3) に答えなさい。

(1) 次の各化合物を融点の低いものから順に左から右に並べ、理由を説明しなさい。ただし、分子量の違いは無視できるものとする。



(2) 次の反応 (a) および (b) の生成物の構造を答えなさい。ただし、主生成物のみの場合は主生成物のみを答え、副生成物が生じる場合は主生成物と副生成物を区別して明記し、また主・副の区別がない場合には等量と明記しなさい。



(3) 臭化水素を反応させて、3-ブromoヘキサンをのみを合成するのに適当なアルケンの構造を答えなさい。

問 2: 組成式が $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ で表される化合物の構造異性体および立体異性体(幾何異性体およびエナンチオマー)について、次の各問い (1)~(3) に答えなさい。

(1) この化合物のすべての異性体の構造(線結合表示でもいい)を答えなさい。ただし、エナンチオマー(鏡像異性体)を区別する必要はなく、不斉炭素炭素の近くにアスタリスク(*)をつけなさい。

(2) (1) の回答のうちエナンチオマーをもつものを、くさびと点線で表す透視式と Fischer 投影式の両方で描きなさい。不斉炭素原子に結合している官能基は CH_3 , C_2H_5 などのように表示すればいい。

(3) Fischer 投影式で答えた構造のそばに、各不斉炭素原子の絶対配置を CIP 命名法(R または S)で答えなさい。

(次ページに続く)

物理化学

次の文を読んで以下の問いに答えなさい。

解答には計算過程および単位を必ず書きなさい。

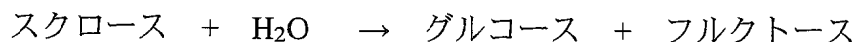
問1：水素と一酸化炭素の混合気体が 25.0°C 、 1013 hPa でタンクの中にかくわえてある。このタンクの中の気体は均一混ざっているとともにもタンクの中は隙間なく気体でみたされている。このタンクの中の気体の $1/1000$ を取り出して分析したところ水素と一酸化炭素の重量比は $1:7$ であった。また、取り出した気体を酸素中で完全燃焼させたところ 2520 kJ の熱が発生した。ただし、水素および一酸化炭素は理想気体としてあつかうものとする。水素および一酸化炭素の燃焼エンタルピーはそれぞれ、 $-283.0\text{ kJ mol}^{-1}$ と $-285.6\text{ kJ mol}^{-1}$ とする。理想気体 1 mol 、 0°C の体積は 22.4 L とする。また、水素、炭素、水素の原子量はそれぞれ 1.00 、 12.0 、 16.0 とする。

(1) 水素および一酸化炭素の 25.0°C 、 1013 hPa での 1 mol の体積を求めなさい。

(2) このタンクの中にあつた水素および一酸化炭素の体積はそれぞれ何 m^3 であつたか求めなさい。

問2 25°C 、 1 気圧 (1013 hPa) の圧力で 0.300 dm^3 の理想気体のヘリウムがある。これを 1.000 dm^3 まで膨張し、同時に温度を 80°C に加熱された。このときのエントロピー変化を求めなさい。ヘリウムの定圧熱容量を $12.471\text{ J K}^{-1}\text{ mol}^{-1}$ とする。

問3 希塩酸中でスクロースを加水分解するとグルコース 1 分子とフルクトース 1 分子が生成する。



スクロース、グルコースおよびフルクトースは不斉炭素を持ち、比旋光度はそれぞれの物質固有の値となる。反応の進行にともない溶液の旋光度は変化する。旋光度とスクロース濃度との間には直線関係が成立している。また大量の水が存在するとき、この反応は 1 次反応とみなすことができる。

(1) 57°C の希塩酸中において、初濃度 $0.0410\text{ mol dm}^{-3}$ のスクロースの加水分解反応を行った。濃度が $0.0332\text{ mol dm}^{-3}$ において反応速度は $0.0093\text{ mol dm}^{-3}\text{ min}^{-1}$ であった。速度定数を求めなさい。

(2) 時刻 $t=0$ におけるスクロース濃度を c_0 、旋光度を α_0 とする。時刻 t におけるスクロース濃度を c 、旋光度を α とする。反応終了後の旋光度を α_∞ とする。時刻 t におけるスクロース濃度 c を c_0 、 α 、 α_0 、 α_∞ を用いて表しなさい。また、速度定数 k を t 、 c_0 、 α 、 α_0 、 α_∞ を用いて表しなさい。

(3) 反応温度を 57°C から 67°C に上げたとき、反応速度は 3 倍になった。この反応の活性化エネルギーを求めなさい。

分析化学

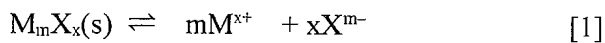
問1

濃度 $2.0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ の色素 A の溶液で、波長 400 nm と 600 nm の吸光度はそれぞれ 0.60 と 0.10 であった。また濃度 $4.0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ の色素 B 溶液の、波長 400 nm と 600 nm での吸光度はそれぞれ 0.32 と 0.88 であった。これら色素 A と B 両者が溶解している溶液 X の吸光度を測定したところ、400 nm と 600 nm の吸光度がそれぞれ 0.78 と 0.71 であった。なお、両者の色素の間に分子間相互作用はなく、セルの光路長は 1 cm である。以下の問いに答えよ。

- (1) 色素 A の波長 400 nm と 600 nm でのモル吸光係数をそれぞれ求めよ。
- (2) 色素 B の波長 400 nm と 600 nm でのモル吸光係数をそれぞれ求めよ。
- (3) 溶液 X 中の色素 A と B の濃度をそれぞれ求めよ。

問2

金属イオン M^{x+} と陰イオン X^{m-} の難溶性塩 $M_m X_x$ の溶解度積 K_{sp} は以下のように定義される。



$$K_{sp} = [M^{x+}]^m [X^{m-}]^x \quad [2]$$

K_{sp} の値は化学種に固有で、一定の温度では一定値となる。

また、金属イオン M^{x+} と陰イオン X^{m-} の溶液で沈澱剤を加えて溶液中の特定のイオンを初濃度の 1/1000 以下にすることができ、これを特定のイオンを定量的に沈澱させるという。

- (1) 上式[1]の()内の s の意味を答えなさい。
- (2) 溶液中の $[X^{m-}]$ を高めると $[M^{x+}]$ はどのように変化するか。また、この現象は何と呼ばれているか答えなさい。
- (3) SO_4^{2-} 水溶液に Ba^{2+} 水溶液を加えると、 BaSO_4 が沈澱する。[1]の反応式を参考に、この反応の反応式を書きなさい。
- (4) $1.0 \times 10^{-3} \text{ M}$ SO_4^{2-} 水溶液に Ba^{2+} 水溶液を加え BaSO_4 が沈澱し始めたときと、定量的に沈澱を得た時の溶液中の Ba^{2+} 濃度を求めなさい。なお、 $K_{sp} = 1.5 \times 10^{-9}$ とする。
- (5) 定量的沈澱により金属イオンを沈澱させ定量的に沈澱分離することに利用できる。
0.010 M の Mg^{2+} と 0.010 M の Ca^{2+} が共存する水溶液から一方を炭酸塩として定量的に沈澱分離させるには水溶液中の炭酸イオン濃度をどの範囲に調整すればよいか示しなさい。
 K_{sp} については下表を参照しなさい。また、これによって沈澱する難溶性塩は何かを答えなさい。

表 炭酸塩の溶解度積

金属	反応	K_{sp}
亜鉛	$ZnCO_3 \rightleftharpoons Zn^{2+} + CO_3^{2-}$	2.0×10^{-11}
カドミウム	$CdCO_3 \rightleftharpoons Cd^{2+} + CO_3^{2-}$	5.2×10^{-12}
カルシウム	$CaCO_3 \rightleftharpoons Ca^{2+} + CO_3^{2-}$	6.9×10^{-9}
鉛	$PbCO_3 \rightleftharpoons Pb^{2+} + CO_3^{2-}$	1.5×10^{-13}
ニッケル	$NiCO_3 \rightleftharpoons Ni^{2+} + CO_3^{2-}$	7.0×10^{-9}
バリウム	$BaCO_3 \rightleftharpoons Ba^{2+} + CO_3^{2-}$	1.6×10^{-9}
マグネシウム	$MgCO_3 \rightleftharpoons Mg^{2+} + CO_3^{2-}$	4.0×10^{-5}
マンガン	$MnCO_3 \rightleftharpoons Mn^{2+} + CO_3^{2-}$	9.0×10^{-11}

微積分学

注：問題文及び答案において $\log x$ は x の自然対数を表すものとする。

問1 微分方程式 $\frac{dy(x)}{dx} = ay(1 - by)$ を解け。

ただし初期条件は $y(0) = 1$ とする。また、 a, b はそれぞれ定数で、 $a > 1, b > 1$ であるとする。定義域を $0 \leq x$ とする。

$x \rightarrow \infty$ のとき、 y はいくらになるか。

問2 次の関数のグラフの概形を描け。増減表を示して、極値・変曲点についての情報を与えよ。

$$y = \frac{\log x}{x}$$

問3 次の関数のテイラー展開を、与えられた点 a において、与えられた次数 n まで求めよ。余剰項は R_{n+1} と書く。

$$f(x) = e^{-x^2}, a = 1, n = 3$$

問4 次の関数のテイラー展開を、与えられた点 (a, b) において、与えられた次数 n まで求めよ。余剰項は R_{n+1} と書く。

$$f(x, y) = \sqrt{1 + x^2 + y}, (a, b) = (1, 1), n = 2$$

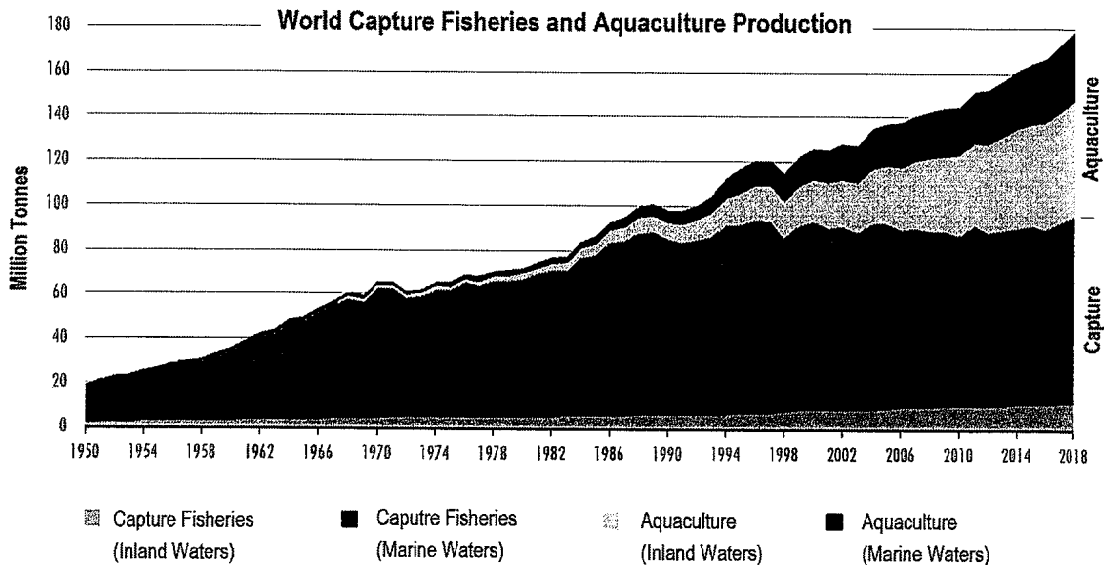
問5 次の2重積分の値を求めよ。尚、積分する前に積分領域を図示すること。

$$(1) \iint_D \sin\left(\frac{1}{2}x + y\right) dx dy, D = \{(x, y) \mid 0 \leq x \leq \pi, 0 \leq y \leq \pi - x\}$$

$$(2) \iint_D xy dx dy, D = \{(x, y) \mid 1 \leq x^2 + y^2 \leq 4, x \geq 0, y \geq 0\}$$

生態学

世界の人口増加にともない、水産養殖の役割は益々重要になっている。海洋生態系を保全する観点から、以下の問1～問7の質問に答えて下さい。



Note: Excludes aquatic mammals, crocodiles and caimans, seaweeds and other aquatic plants. Source: FAO

問1 1980年代後半を境に、自然界からの漁獲量が頭打ちになっているが、考えられる理由を述べて下さい。

問2 養殖漁業は人類にとって良質なたんぱく質を含む食糧を供給し、雇用を生み出すことで経済的にも貢献している一方、海洋生態系にはどのように寄与しているのか考えられることを書いて下さい。

問3 養殖漁業・養殖産業の海洋生態系への負の影響について記して下さい。

問4 養殖漁業で使用される餌料が、海洋生態系に大きな負の影響を与えていることについて記して下さい。また、この問題の解決策について書いて下さい。

問5 地球温暖化の養殖漁業への影響について記して下さい。

問6 「ブルー・カーボン」という言葉は2009年に国連環境計画 (United Nations Environment Programme) が提唱した言葉で、海洋生態系によって海中に蓄積される炭素固定 (能力) を指します。このブルー・カーボンに関連して、近年「ブルー・エコノミー」という言葉が提唱されていますが、これはどのようなものを指すか記して下さい。

環境生理学

問 1. 細胞外の物質が細胞内に移動する仕組みについて、以下の語句を全て使用して説明しなさい。

選択的透過性、拡散、膜貫通型タンパク質、能動輸送、促進拡散、受動輸送、輸送体（運搬体タンパク質）、チャネルタンパク質、リン脂質二重層、半透性、エネルギー、酸素、ナトリウムイオン、アミノ酸、グルコース、二酸化炭素、カリウムイオン

問 2. 細胞のシグナル伝達に関して以下の問に答えなさい。

(1) 次の3つのシグナル伝達の特徴を述べよ。

- 1) パラクリン型シグナル伝達。
- 2) シナプス（神経）型シグナル伝達。
- 3) ホルモンによる（内分泌型）シグナル伝達。
- 4) オートクリン型シグナル伝達。
- 5) 接触型シグナル伝達。

(2) 細胞のシグナル伝達における3つの反応段階の概要について述べた次の文章中の空欄 ～ にあてはまる語句として最も適当なものを下の語群より選びなさい。

受容(reception)とは、 が細胞外から来た 分子を認識することである。 の「認識」とは、それが、 または に存在する と結合することである。

変換(transduction、別称：伝達)開始過程において、 分子の結合は何らかの仕方で を変化させる。このとき は特異的な を引き起こしうる形に変換される。変換はときに1段階で起きることがあるが、多くの場合は、 とよばれる一連の異なる分子による反応鎖を必要とする。

応答(response)とは、変換された が最終的に、特異的な の引き金を引くことである。その応答は、 による や、細胞骨格の再編成、核内の特異的な の活性化など、さまざまな細胞の活動変化として現れる。

語群：

酵素、ホルモン、細胞応答、細胞変質、核膜表面、細胞内部
触媒作用、基質特異性、細胞分裂、遺伝子、mRNA、標的細胞
細胞表面、シグナル、受容体タンパク質、免疫細胞、受容体

脂質、 シグナル変換（伝達）経路、 TCA 回路、 伝達タンパク質
cAMP、 細胞外部、 染色体、 細胞分裂、 イオンチャンネル

問 3. 農薬等の人工化学物質が、毒作用として生体に与える影響と、環境化学物質（外因性内分泌攪乱化学物質）として生体へ与える影響の違いについて述べなさい。

問 4. 胎生期・授乳期は、環境化学物質の影響を最も受けやすい時期であると言われているが、その理由を簡単に述べよ。また、胎生期に受けた影響が成人になって現れる（成人病胎児起源説）機序（メカニズム）としてどのようなことが考えられるか、簡単に述べなさい。