

受 験 番 号					

問題冊子にも受験番号を書きなさい。

東京大学大学院新領域創成科学研究科
先端生命科学専攻

令和 5 （2023） 年度修士課程入学試験問題
専門基礎生命科学及び小論文

令和 4 （2022） 年 8 月 2 日（火）
13：30～16：00（150分）

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 本冊子の総ページ数は16ページである。落丁、乱丁、印刷不鮮明な箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答には必ず黒色鉛筆（または黒色シャープペンシル）を使用しなさい。
4. 問題には専門基礎科目14題の「問1」と小論文2題の「問2」があります。**すべての問題に**解答しなさい。
5. 解答用紙は緑色のもの（問1用）1枚、水色（マス目付き）のもの（問2用）2枚の計3枚が配られます。配布された解答用紙に過不足がないか確認しなさい。
6. 問1および問2－1、問2－2の解答には、それぞれ解答用紙1枚ずつを使用しなさい。（解答は英語で書いても構いません。）
7. 各解答用紙の所定欄に、受験番号を必ず記入しなさい。また、問題冊子にも受験番号を記入しなさい。
8. 解答用紙右上の問題番号欄に問1および問2－1、問2－2を記入し、また、解答欄には解答ごとに問題の番号（例：問1－1－（1））をそれぞれ記入して解答を記しなさい。
9. 各問題において、行数、図や化学式などの使用についての指示がある場合には、それに従いなさい。
10. 解答に関係のない文字、記号、図、式などを記入した答案は無効とします。
11. 解答できない場合でも、解答用紙すべてに受験番号を記入して提出しなさい。
12. 解答用紙を草稿用に使ってははいけません。草稿用には問題冊子中の余白を使用しなさい。また、問題冊子を切り離してはいけません。
13. 問題冊子・解答用紙は持ち帰ってはいけません。
14. 試験時間は2時間30分です。ただし、試験開始後1時間を経過した後は、問題冊子・解答用紙を試験監督に提出したうえで退室してもかまいません。その場合にも、試験終了後に口述試験の説明があるので、16：00には必ず試験会場に戻ることに。

「草稿用余白」

「草稿用余白」

問 1 以下の問 1-1 ～ 問 1-14 すべてに解答せよ。

問 1-1 次の文章を読んで、以下の (1) ～ (3) の問に答えよ。

タンパク質を構成している主要な 20 種類のアミノ酸はすべて炭素、窒素、酸素、水素を含む。これらのアミノ酸の中には (あ) を構成元素としているアミノ酸もある。一方、DNA を構成している 4 種類のヌクレオチドは、炭素、窒素、酸素、水素、 (い) の 5 つの元素で構成されている。

- (1) 文章中の (あ) および (い) に入る元素名を答えよ。
- (2) 文章中の (あ) の元素が含まれているアミノ酸の名称をすべて答えよ。
- (3) タンパク質を構成しているアミノ酸について、以下の①～⑤の文のうち、誤っているものをすべて答えよ。
 - ① 塩基性アミノ酸の側鎖には窒素が含まれている。
 - ② 酸性アミノ酸の側鎖には窒素が含まれている。
 - ③ 側鎖にアルデヒド基をもつものがある。
 - ④ 側鎖に水酸基をもつものがある。
 - ⑤ 立体異性体をもたないものがある。

問 1-2 次の文章を読んで、以下の (1) および (2) の問に答えよ。

タンパク質の等電点とは、あるタンパク質が水溶液中で持つ電荷が全体でゼロとなる水溶液の pH のことであり、それぞれのタンパク質が固有の値をとる。

- (1) タンパク質を構成する以下のアミノ酸のうち、その側鎖がタンパク質の等電点に大きな影響を与えるものをすべて答えよ。

Leu Lys Gln Trp Val Arg Asp Phe

- (2) タンパク質の精製に用いられる方法として、陰イオン交換クロマトグラフィー法がある。等電点が A であるタンパク質を陰イオン交換樹脂に吸着させるのに用いる緩衝液として、最も適当なものを以下の①～⑥から 1 つ選べ。
 - ① 1 mol/L NaCl を含み、pH が A より高い緩衝液
 - ② 0.01 mol/L NaCl を含み、pH が A より高い緩衝液
 - ③ 1 mol/L NaCl を含み、pH が A と等しい緩衝液
 - ④ 0.01 mol/L NaCl を含み、pH が A と等しい緩衝液
 - ⑤ 1 mol/L NaCl を含み、pH が A より低い緩衝液
 - ⑥ 0.01 mol/L NaCl を含み、pH が A より低い緩衝液

問 1－3 以下の反応のなかで、小胞体で起こるものをすべて答えよ。

①タンパク質合成 ②薬物代謝 ③酸化リン酸化 ④脂質合成 ⑤細胞内消化

問 1－4 次の文章を読んで、以下の（１）および（２）の間に答えよ。

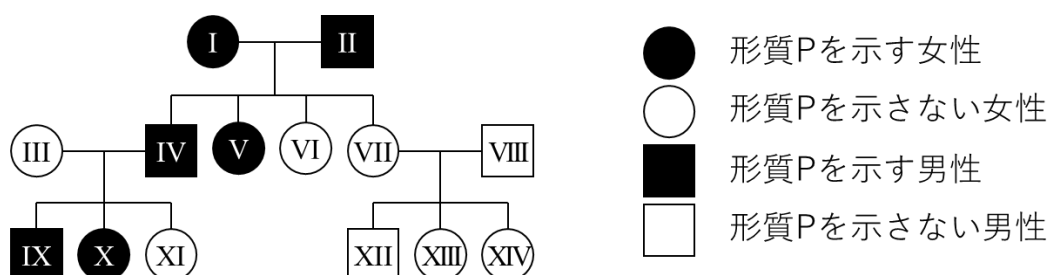
緑色植物の光合成の反応系である光化学系において、電子供与体は（ う ）であり、最終的な電子受容体は（ え ）である。光化学系の産物は炭素還元回路に利用される。この回路において、二酸化炭素はアルビスコ（Rubisco）と呼ばれる酵素によって触媒されて固定される。

（１） 文章中の（ う ）および（ え ）に入る最も適切な語句を答えよ。

（２） 下線部（ア）の酵素の機能について、次の３つの語句をすべて用いて、３行程度で答えよ。

語句：リブローズ-1,5-ビスリン酸、光呼吸、酸素

問 1－5 下の図は、ヒトの常染色体上の単一遺伝子によって制御される、ある遺伝形質 P についての家系図である。これを見て、以下の（１）および（２）の間に答えよ。



（１） 遺伝形質 P の遺伝様式は顕性（優性）と潜性（劣性）のどちらか。また、そう判断した理由を 2 行程度で答えよ。

（２） 遺伝形質 P を決めるアレルのうち、顕性（優性）のアレルを A、潜性（劣性）のアレルを a としたとき、図の I、II、IV のそれぞれの遺伝子型は何か、答えよ。

問 1－6 次の文章を読んで、以下の（１）～（３）の問に答えよ。

ショウジョウバエにおける胚発生過程の初期には、１つの細胞膜に包まれた受精卵の表層に多くの核が並んでいる多核性胞胚となる。この時期に、(イ)受精卵の前端部のみに存在する bicoid 遺伝子の mRNA が翻訳されて Bicoid タンパク質が作られることで、受精卵内に Bicoid タンパク質の濃度勾配が形成される。(ウ)Bicoid タンパク質の濃度勾配に合わせて遺伝子の発現が制御され、前後軸方向の発生が進行し、最終的にいくつもの分節が形成される。また、形成された各分節の特徴は、それぞれの分節で発現する(エ)Hox 遺伝子（ホメオティック遺伝子）の種類によって決定される。

- （１） 下線部（イ）に関して、bicoid 遺伝子の mRNA は、卵形成時に母親の遺伝子から転写されて卵に輸送される。このような因子のことを何と呼ぶか、答えよ。
- （２） 下線部（ウ）に関して、このように濃度や活性の勾配によって遺伝子の発現を調節したり細胞の運命を決定したりする因子のことを何と呼ぶか、答えよ。
- （３） 下線部（エ）に関して、Hox 遺伝子（ホメオティック遺伝子）とはどのような遺伝子か。コードしているタンパク質の分子としての特徴とゲノム上の特徴について、合わせて３行程度で答えよ。

問 1－7 ヒトの筋収縮を説明した次の文章中の（ お ）～（ け ）に入る最も適当な語句を答えよ。

神経細胞の中を伝導してきた活動電位が、神経筋接合部に位置する（ お ）に達すると、（ お ）の細胞膜に分布している膜電位依存性の（ か ）イオンチャネルが開く。その結果、（ き ）が細胞膜に融合し、アセチルコリンが放出される。アセチルコリンが筋細胞の膜に存在する受容体に結合すると、（ く ）イオンが筋細胞内に流れ込み膜電位が上昇して、脱分極が起こる。脱分極が筋細胞の膜の特殊な領域にある T 管に伝わることによって、その場所にある電位依存性（ か ）イオンチャネルが開く。T 管のごく近傍には筋小胞体があり、筋小胞体の膜上にある（ か ）イオンチャネルが開き、筋小胞体中に蓄えられた（ か ）イオンが細胞質中に流出する。この細胞質（ か ）イオン濃度の急上昇が原因となって、筋細胞内の（ け ）が収縮する。

問 1－8 次の文章中の（ こ ）～（ そ ）に入る最も適当な語句を答えよ。

地球上に存在する生物は、真核生物と原核生物の 2 つのグループに分けられる。真核生物が持つ細胞内小器官のうち、（ こ ）と葉緑体は独自のゲノムを持つ。原核生物は、異なる進化的起源を持つ 2 つのグループである（ さ ）と（ し ）に分けられる。（ こ ）や葉緑体は、原始的な真核生物に取り込まれた（ さ ）を起源としている。葉緑体は（ さ ）の中でも特に（ す ）と呼ばれる生物を起源としている。（ す ）が地球上に現れて光合成を開始したことで、高濃度の酸素が大気中にもたらされ、大気圏に紫外線を吸収する役割をもつ（ せ ）が形成された。原核生物の進化過程においては、異なる生物種への遺伝子の移動が頻繁に起こっており、これを遺伝子の（ そ ）と呼ぶ。

問 1－9 次の文章を読んで、以下の（１）および（２）の問に答えよ。

生物は一般的に栄養分のほかに水分を摂取しなくては生命を維持できない。ところが、砂漠など乾燥地帯では水分を摂取することが非常に困難である。このような乾燥地域で生息する生物を乾生動物と呼ぶ。たとえば、ラクダやカンガルーネズミは、餌を食べて得られる栄養分を代謝する際に生成される水や、貯蔵している脂質を代謝することで生じる水を水分として効率よく使うことができる。このように代謝する際に生じる水を代謝水と呼ぶ。

- （１） 代謝水は栄養分を酸化する反応で生じる。例えば、グルコース（ $C_6H_{12}O_6$ ）を酸化すると、二酸化炭素（ CO_2 ）と水（ H_2O ）が生成される。90 g のグルコースを完全に酸化させて CO_2 と H_2O を生成させた場合、 H_2O は何 g 生成されるか答えよ。また、この酸化反応の化学反応式も記せ。なお、原子量は、 $C=12$ 、 $O=16$ 、 $H=1$ として計算せよ。
- （２） 脂質から代謝水が生成される過程は、脂質を構成する脂肪酸を分解する反応とその分解産物を酸化することにより代謝水を生成する 2 つの反応に分けられる。これらの反応の名称と特徴を反応ごとにそれぞれ 2 行程度で説明せよ。

問 1－10 次の文章を読んで、以下の（１）および（２）の間に答えよ。

ABO 式血液型を決めているのは赤血球などの細胞表面に存在する 3 種類の糖鎖である。ABO 式血液型に関わる糖転移酵素には個人間で違いがあり、酵素の性質が異なる。A 型と B 型の糖転移酵素の遺伝子の間には 7 か所の塩基の相違があり、その結果、4 つのアミノ酸に違いが生じる。この違いが酵素の特異性を変化させて、A 型と B 型で異なった糖を転移させる。O 型では 1 か所に塩基欠失があり、すぐ後に終止コドンができるため酵素活性がないタンパク質しかできない。遺伝子型として AA と AO のヒトは A 型の糖鎖を持つ。(オ)A 型のヒトは、抗 A 抗体は持っていないが、抗 B 抗体を持っている。(カ)B 型のヒトは、抗 A 抗体は持っているが、抗 B 抗体は持っていない。AB 型のヒトは、抗 A 抗体、抗 B 抗体の両方を持っていない。仮に、A 型のヒトに B 型の赤血球を輸血してしまうと、輸血を受けた A 型のヒトの血液中に抗 B 抗体があるので、B 型の赤血球に抗 B 抗体が反応し溶血が起こる。

- （１） 下線部(オ)について、A 型のヒトはどうして抗 A 抗体を持たないのか。以下の 3 つの語句をすべて用いて、その理由を 2 行程度で答えよ。

語句：自己、免疫寛容、A 型糖鎖

- （２） 下線部(カ)について、B 型のヒトでも出生直後は、抗 A 抗体はほとんど検出されることはないが、その後増えていく。その理由を 3 行程度で答えよ。

問 1－11 次の 2 つの文章を読んで、以下の間に答えよ。

集団遺伝学の基礎となるハーディ・ワインベルクの法則が成り立つ場合には、集団中の 2 種類のアレル A と a の頻度を p 、 q （ただし $p + q = 1$ ）とすると、AA、Aa、aa の遺伝子型頻度は、それぞれ AA: p^2 、Aa: $2pq$ 、aa: q^2 で表すことができる。

変性性脊髄症はゴールデン・レトリバーなどの犬に見られる致死性の潜性（劣性）遺伝病で、後肢の麻痺から始まり、前肢の麻痺、呼吸障害に至る進行性の神経疾患で発症年齢は約 8 歳からである。ある研究によると、集団中のヘテロ接合体の出現頻度は 42%であった。

問 変性性脊髄症の原因となるアレルの頻度は 50%以上であった。ハーディ・ワインベルクの法則が成り立つとして、集団中のそのアレルのホモ接合体の出現頻度を求めよ。

問 1－12 以下の（１）および（２）の間に答えよ。

- （１） 20 世紀終盤に最も広く用いられた DNA 配列解析法であるサンガー法（ジデオキシ法もしくはダイデオキシ法とも呼ばれる）について、以下の語句をすべて用いて 4 行程度で説明せよ。

語句：DNA ポリメラーゼ、ジデオキシリボヌクレオチド、プライマー、キャピラリー電気泳動

- （２） Cas タンパク質を利用したゲノム編集について、以下の語句をすべて用いて、4 行程度で説明せよ。

語句：CRISPR、ターゲット配列、ガイド RNA

問 1－13 次の文章を読んで、以下の（１）～（３）の間に答えよ。

Covid-19 の原因ウイルスである SARS-CoV-2 は S タンパク質、N タンパク質、E タンパク質、M タンパク質、脂質二重膜、RNA により構成されている。現在、日本国内では、Covid-19 に対するワクチンとして、SARS-CoV-2 の S タンパク質を標的としたものが使用されている。日本国内のある地域の全住民から血清を採取して、(キ)S タンパク質、N タンパク質に対する血清中の抗体を調べたところ、30 %の住民が S タンパク質、N タンパク質の双方に対する抗体を有しておらず、65 %の住民が S タンパク質に対する抗体を有していたが、N タンパク質に対する抗体を有していなかった。また、5 %の住民は、S タンパク質、N タンパク質の双方に対する抗体を有していた。さらに、血清を採取した住民から同時に咽頭ぬぐい液を採取し、定量 RT-PCR 法による SARS-CoV-2 の検出を試みたところ、0.1 %の住民から SARS-CoV-2 が検出された。以上の結果から、この地域における調査時点での SARS-CoV-2 に感染している住民の割合は（ た ）%であり、調査時点までに SARS-CoV-2 に感染した履歴のある住民の割合は（ ち ）%であると考えられる。

ただし、SARS-CoV-2 に対する抗体は、ワクチン接種を受けた人や SARS-CoV-2 に感染した人の全てで産生され、調査した時点までに検出されなくなることはないものとする。また、SARS-CoV-2 に感染している人から定量 RT-PCR 法により SARS-CoV-2 が検出される効率は 100 %であるものとする。

- （１） 通常は、ウイルスは生物とみなされない。生物とみなされるために必要な性質のうち 3 つを答えよ。
- （２） 下線部(キ)で記した S タンパク質に対する血清中の抗体の存在を調べる方法について、その原理がわかるように 5 行程度で説明せよ。
- （３） 文章中の（ た ）および（ ち ）に入る最も適当な数値を答えよ。また、（ ち ）に入る数値について、そう考えた理由を 4 行程度で答えよ。

問 1－14 次の文章を読んで、以下の（１）～（３）の間に答えよ。

真核生物の RNA ポリメラーゼ II の触媒により mRNA 前駆体が合成される。転写後修飾では、mRNA 前駆体の 5'末端に（ つ ）が付加され、3'末端は（ て ）化される。また、（ と ）が除去されるスプライシングが起こり、エキソン同士が連結して、成熟した mRNA ができる。

最適な生育温度である 22℃で生育させた真核生物 X の野生株では、4 つのエキソン a、c、d、e が連結した mRNA から翻訳されるタンパク質 $\alpha 1$ が発現している。真核生物 X の野生株を 37℃で生育させると、生育速度は半分に低下し、細胞内からタンパク質 $\alpha 1$ に加えてタンパク質 $\alpha 2$ が検出された。タンパク質 $\alpha 2$ は、5 つのエキソン a、b、c、d、e が連結した mRNA から翻訳されたタンパク質であることがわかった。また、タンパク質 $\alpha 1$ と $\alpha 2$ は同じ遺伝子から作られており、タンパク質 $\alpha 2$ の分子量はタンパク質 $\alpha 1$ の分子量よりも大きかった。さらに、22℃と 37℃で生育した真核生物 X のタンパク質 $\alpha 1$ を解析したところ、その発現量、活性、機能に変化はなかった。

そこで、タンパク質 $\alpha 2$ の機能を調べるために、22℃では働かず 37℃で働くヒートショックプロモーターの下流に、エキソン a、c、d、e からなる cDNA またはエキソン a、b、c、d、e からなる cDNA を繋いだベクター 1 と 2 を作製した。このベクター 1 と 2 を野生株に個別に形質転換し、形質転換体 1 と 2 を作製した。これらの形質転換体と野生株を 22℃と 37℃で生育させた時の生育速度を表 1 に示した。さらに、真核生物 X を変異原処理し、エキソン b の異なる位置にのみ一塩基置換を持つ変異体 β と γ を取得した。

表 1 真核生物 X の生育速度（相対値）

	22℃生育	37℃生育
野生株	1.0	0.5
形質転換体 1	1.0	0.5
形質転換体 2	1.0	0.7

- （１） 文章中の（ つ ）～（ と ）に入る最も適切な語句を答えよ。
- （２） 表 1 の結果から、タンパク質 $\alpha 2$ の機能について考えられることを 1 行程度で答えよ。
- （３） 一塩基置換が見つかった周囲のエキソン b の塩基配列を図 1 に示す。表 2 のコドン表を参考にして、変異体 β と γ を 37℃で生育させた時の生育速度を、理由とともに 4 行程度で説明せよ。

野生株 5'-TCTCCTTTTCGGTACGTTCAACTAACTAAACGGACTTCACTTGTA-3'
変異体 β 5'-TCTCCTTTTCGGTACGTTTAACTAACTAAACGGACTTCACTTGTA-3'
変異体 γ 5'-TCTCCTTTTCGGTACGTTCAGCTAACTAAACGGACTTCACTTGTA-3'

図 1 エキソン b の一部の DNA 塩基配列
下線部は、一塩基置換を示す。

表2 コドン表

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

問 2 以下の小論文課題、問 2－1 および問 2－2 の両方に解答せよ。

問 2－1 次の文章 1 および文章 2 を読み、以下の（１）～（３）の問に答えよ。

【著作権保護のため問題文は掲載してありません】

- （１） 文章 1 を参考にして、SDGs（持続可能な開発目標）を 100 字程度で説明せよ。
- （２） 文章 2 中の下線部（ア）について、SDGs を現代版「大衆のアヘン」と著者が呼ぶ理由を 100 字程度で説明せよ。
- （３） 文章 2 について、著者はなぜ SDGs では気候変動は止められないと考えているのか。その理由について文章 2 を参考にして考え、200 字程度で答えよ。

問 2－2 ガラパゴス諸島におけるナマコ漁に関する次の文章を読み、以下の問に答えよ。

【著作権保護のため問題文は掲載してありません】

問 下線部(イ)について、ここに挙げられた 5 者が 1 つのテーブルにつくことがなぜ注目すべき点なのか、500 字程度で説明せよ。