

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6（2024）年度修士課程入学試験問題  
専門基礎生命科学

令和5（2023）年8月1日（火）  
9：20～11：20（120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14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. 問題には問1（8題）と問2（3題）があります。すべての問題に解答しなさい。
5. 解答用紙は2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の解答には、それぞれ解答用紙1枚ずつを使用しなさい。日本語か英語で解答しなさい。
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を記入し、また、解答欄には解答ごとに問題の番号（例：問2-2-(2)）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は使用してはいけません。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。

「草稿用余白」

「草稿用余白」

問1 以下の問1—1 ～ 問1—8すべてに解答せよ。

問1—1 次の文章を読んで、以下の(1)～(4)の問に答えよ。

コラーゲンポリペプチド鎖を構成するアミノ酸残基としては、<sup>(a)</sup>グリシン、アラニン、プロリンおよびヒドロキシプロリン残基がその大半を占める。ヒドロキシプロリン残基は、プロリン残基がプロリンヒドロキシラーゼによってヒドロキシ化されることによって生じ、<sup>(b)</sup>この反応にはアスコルビン酸が関与している。コラーゲンポリペプチド鎖が3本集まり、三重らせん構造を形成する。

- (1) 下線部(a)の3つのアミノ酸が共通してもつ生化学的性質を1つ答えよ。
- (2) 下線部(a)の3つのアミノ酸のうち、立体異性体がないものをすべて答えよ。
- (3) 下線部(b)におけるアスコルビン酸と同様の役割をする物質の一般的な名称を答えよ。
- (4) ポリペプチド鎖中のらせん構造として $\alpha$ -ヘリックスが知られているが、プロリン残基は $\alpha$ -ヘリックスにはほとんど含まれない。その理由を1つ、プロリン残基の構造上の特徴をふまえて1行程度で答えよ。

問1—2 次の文章中の( A )～( D )に入る最も適切な語句を答えよ。

上皮増殖因子(EGF)の受容体は、( A )型受容体と呼ばれる種類の受容体であり、EGFを受容することで細胞内ドメインの( A )活性が上昇し、自身の( B )残基が( C )される。その後、いくつかのタンパク質が順次( C )されて活性化し、最終的に( D )が( C )されることで核内に移行し、転写因子を( C )することで、ターゲット遺伝子の転写を制御する。

問 1 - 3 次の文章を読んで、以下の (1) ~ (3) の間に答えよ。

太陽光に含まれる紫外線 (UV) は DNA に損傷を与える。特に<sup>(c)</sup>ピリミジン塩基は 260 nm 付近の波長の UV をよく吸収する性質があり、ピリミジン塩基が隣同士にあると、ピリミジン二量体が生成されることがある。ピリミジン二量体を含む DNA は構造的なゆがみとして検出され、相補鎖の情報を利用した<sup>(d)</sup>ヌクレオチド除去修復が行われる。また、強力な電磁波やがん化学療法剤などで引き起こされる DNA 二本鎖切断は、最も重篤な DNA 損傷の 1 つである。こうした損傷は、非相同末端結合 (non-homologous end joining) と<sup>(e)</sup>相同組換え (homologous recombination) の 2 つの経路によって修復されると考えられている。

- (1) 下線部(c)について、DNA 中に含まれるピリミジン塩基の名称を 2 つ答えよ。
- (2) 下線部(d)の過程について述べた次の記述の ( E ) ~ ( H ) に入る語句として最も適当なものを下の①~⑧の語群から選んで番号で答えよ。

ピリミジン二量体のある部分を UvrABC 等の ( E ) が検出し、周辺の 2 箇所 DNA を切断する。ピリミジン二量体を含む一本鎖 DNA 断片は ( F ) によりほどかれて除去される。除去により一本鎖になった部分を ( G ) が埋めていく。最後に、新しく作られた DNA の末端と古い DNA の末端を ( H ) が連結し、修復が完了する。

語群

- 【① kinase ② DNA helicase ③ DNA polymerase  
④ DNA methyltransferase ⑤ DNA ligase ⑥ reverse transcriptase  
⑦ endonuclease ⑧ exonuclease】

- (3) 下線部(e)について、相同組換えによる修復の仕組みを 2 行程度で説明せよ。

問 1 - 4 次の文を読んで、以下の間に答えよ。

ポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) は、耐熱性 DNA ポリメラーゼを用いて、温度サイクルを繰り返すことで特定の DNA 断片を増幅する方法である。

問 1 つのサイクルを構成する反応温度を 95°C、50°C、72°C に設定した場合、それらの温度でおこる主な反応をそれぞれ 1 行程度で答えよ。

問1-5 次の文章を読んで、以下の(1)～(4)の間に答えよ。

真核細胞は、細胞内のタンパク質を分解処理するための2種類の主要なしくみを備えている。1つは分解対象となるタンパク質にユビキチンタンパク質を複数結合させ、( I ) と呼ばれるタンパク質複合体により選択的に分解する系である。もう1つは、(f)細胞質の一部を膜区画に隔離したのち、リソソーム(または液胞)で分解する系である。

- (1) ( I ) に入る最も適切な語句を答えよ。
- (2) ユビキチンによる選択的タンパク質分解の細胞機能における役割を2つ答えよ。
- (3) 下線部(f)について、この分解系の名称を答えよ。
- (4) 下線部(f)について、細胞が栄養飢餓にさらされると、この分解系が顕著に誘導される。その生理的意義について1行程度で説明せよ。

問1-6 次の文章を読んで、以下の(1)～(3)の間に答えよ。

真核生物の細胞周期は4期に分けられ、DNA合成が起こるS期、核と細胞質の分裂が起こるM期、その間の2つのギャップであるG1期およびG2期からなる。これら4期のうち、( J ) 期にある細胞が、細胞周期を脱して増殖休止期(G0期)に入ることもある。一般的には、動物細胞では予定細胞分裂面に( K ) が形成され、それによって細胞にくびれが生じ、細胞質分裂が進行する。また、陸上植物の細胞では( L ) と呼ばれる構造によって細胞質が2つに区切られ、細胞質分裂が進行する。この( L ) をつくるのは、隔膜形成体(フラグモプラスト)と呼ばれる植物特有の構造であり、隔膜形成体は主に、細胞骨格であるアクチンフィラメントや( M ) から構成される。陸上植物の細胞分裂過程では、娘細胞同士の細胞質は完全には分断されず、ところどころで(g)細胞質がつながったままの構造を残して細胞分裂が完了することがある。これにより、(h)膜透過性をもたない物質の細胞間輸送が可能となる。

- (1) ( J ) ～( M ) に入る最も適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部(g)について、このような構造のことを何と呼ぶか、答えよ。
- (3) 下線部(h)について、このような物質がもつ物理的・化学的特徴を2つ答えよ。

問 1—7 次の文章を読んで、以下の問に答えよ。

神経細胞の軸索には2つのタイプがあり、1つは無髄線維、もう1つは軸索にオリゴデンドロサイトやシュワン細胞の膜が何層にも巻きついているミエリン鞘とよばれる構造をもつ有髄線維である。有髄線維には約0.2 mm ~ 2 mmの間隔でランビエ絞輪と呼ばれるミエリン鞘のない部分が存在する。(i) 有髄線維では、ミエリン鞘をもたない無髄線維に比べ、同程度の太さの場合、興奮伝導の速度は圧倒的に大きい。

問 下線部(i)について、その理由を次の語句をすべて用いて、有髄線維と無髄線維を対比する形で5行程度で説明せよ。

語句

【ランビエ絞輪、電位依存性 Na<sup>+</sup>チャンネル、活動電位、有髄線維、無髄線維】

問 1—8 次の問に答えよ。

問 常染色体上のある遺伝子には、 $A$ と $a$ の2つの対立遺伝子がある。 $a$ の対立遺伝子頻度が0.20のときの、 $AA$ 、 $Aa$ 、 $aa$ の遺伝子型頻度の期待値をそれぞれ答えよ。ただし、 $A$ と $a$ 以外の対立遺伝子は存在せず、ハーディ・ワインベルクの法則が成立しているものとする。

問2 以下の問2—1 ～ 問2—3すべてに解答せよ。

問2—1 次の文章を読んで、以下の(1)～(5)の間に答えよ。

穀物は植物の種子に由来し、その質と量は栄養成長期の光合成産物量に依存する。そのため、栄養成長から生殖成長へと切り替わる花成の時期決定は、農業的に重要な問題である。植物は一般的に、野外環境において (j) 日長が長くなると花成が誘導される植物、逆に (k) 日長が短くなると花成が誘導される植物、また日長と花成誘導が独立している植物に分類される。(l) 日本の主要作物コメを産出するイネも、日長にตอบสนองして花を咲かせる一年生植物である。しかし、現在日本で栽培されている栽培系統イネでは、野生系統イネに見られるような (m) 光条件への依存性は弱くなっている。この変化には、(n) 開花時期を制御する10個強の遺伝子が関わっており、これら遺伝子の多様な変異が複雑に組み合わさることによって、さまざまな品種が生み出されてきた。

日本のイネ栽培では、とくに夏の低温によって起こる生育不良(冷害)が大きな問題となってきた。(o) 冷害が引き起こされる目安は、田植えから幼穂期の最低気温が12℃以下、開花前2週間の最低気温が17℃以下、開花後4週間の平均気温が20℃以下、である。品種改良の結果、現在では、日本の国土のほぼすべての地域に適応できる日本独自のイネ栽培品種群が確立されている。

- (1) 下線部(j)および下線部(k)をそれぞれ何と呼ぶか答えよ。
- (2) 下線部(l)について、野生系統イネは本来、下線部(j)と下線部(k)のどちらのタイプの植物か答えよ。
- (3) 下線部(m)について、この性質のことをなんというか。
- (4) 下線部(n)について、図1は、開花時期制御遺伝子AおよびBの機能欠失型変異aおよびbが、イネの開花に与える影響を示している。図1の結果を元に、本来の遺伝子Aと遺伝子Bの花成に関するはたらきについて、表1にまとめた。表1の①～④に入る適当な語句を $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の3つの選択肢から選び、“①- $\alpha$ ”のように答えよ。ただし、花成から開花までの時間は系統間で差はないものとする。

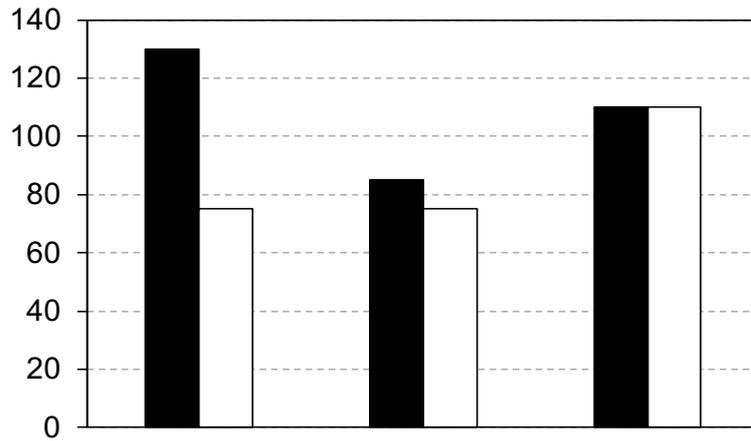


図1 開花時期制御遺伝子変異がもたらす開花時期の変化

横軸ラベルはイネ系統の遺伝子型を表しており、大文字は野生型ホモ接合体を、小文字は変異型ホモ接合体を、それぞれ示す。各植物は人工気象器の中で24℃（明期）/20℃（暗期）で育成した。

表1 遺伝子Aと遺伝子Bの花成に関するはたらきのまとめ

	14 時間明期/10 時間暗期	10 時間明期/14 時間暗期
遺伝子 A	①	②
遺伝子 B	③	④

選択肢 【 $\alpha$ :花成を促進する  $\beta$ :花成を抑制する  $\gamma$ :花成に関与しない】

(5) 下線部(o)に関して、表2は北海道旭川地方の平均気温および日長データを示している。旭川地方で栽培するとしたら、図1の3つのイネ系統のうち、どの遺伝子型の系統がもっとも適しているか答えよ。またその理由を5行程度で具体的に記せ。なお、田植えは播種後15日目の苗を用いるとする。

表2 旭川の平均気温および日長データ (2022年)

平均気温	1月	2月	3月	4月	5月	6月
日平均 (°C)	-7.4	-5.6	0.6	7.5	13.8	16.8
日最高 (°C)	-3.3	-1.2	4.8	13.9	20.5	22.4
日最低 (°C)	-12.0	-10.2	-3.6	0.8	7.6	12.0
	1月1日	2月1日	3月1日	4月1日	5月1日	6月1日
日長時間	9時間	9時間53分	11時間11分	12時間44分	14時間10分	15時間13分
平均気温	7月	8月	9月	10月	11月	12月
日平均 (°C)	22.6	21.3	17.5	10.2	4.4	-3.7
日最高 (°C)	28.1	26.4	23.7	15.7	8.3	-0.7
日最低 (°C)	18.4	17.0	11.9	5.5	0.6	-6.9
	7月1日	8月1日	9月1日	10月1日	11月1日	12月1日
日長時間	15時間24分	14時間36分	13時間14分	11時間46分	10時間16分	9時間11分

気象庁「旭川2022年(月ごとの値)主要要素」\*および国立天文台「暦計算室」\*\*を加工して作成

\* <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

\*\* <https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/>



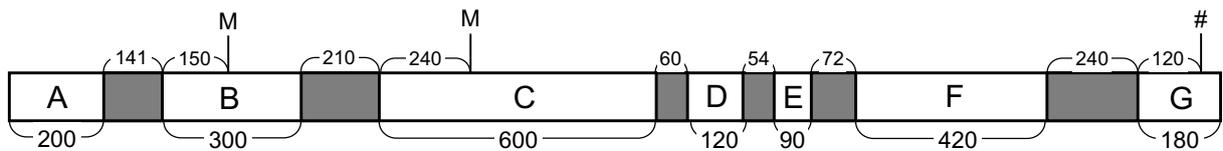


図 3

- 1) 選択的スプライシングの結果、RNA-X から何種類の mRNA アイソフォームが生じるか、答えよ。
  - 2) RNA-X から作られるタンパク質のうち、最も多くのアミノ酸残基をもつものについて、そのアミノ酸残基の数を答えよ。ただし、翻訳後の修飾は起きないものとする。
  - 3) RNA-X に由来するタンパク質の 1 つを解析した結果、アミノ酸残基数が 260 であることが判明した。このタンパク質はどのような構造の mRNA アイソフォームから翻訳されたかを答えよ。例えば、mRNA アイソフォームがエクソン A、B、D、G からなる場合には、“ABDG” のように答えること。また、この mRNA アイソフォームは RNA-X に由来する mRNA の何% を占めるかを答えよ。ただし、翻訳後の修飾や切断は起きないものとする。
- (3) 下線部(q)について、次の 1)~3) はこれまでに知られている non-coding RNA に関する記述である。それぞれが説明している non-coding RNA の名称として、最も適当なものを下の①~⑩の語群から選び、番号で答えよ。
- 1) 平均で約 80 塩基の長さを持ち、特定のアミノ酸と結合してリボソーム上でタンパク質合成に関わる。
  - 2) 21 塩基程度の小分子 RNA で、ヘアピン構造を作る内在性の前駆体 RNA から作られる。Argonaute タンパク質と複合体を作り、発生に関わる重要な遺伝子の転写後制御を行っていることが明らかとなっている。
  - 3) 核内にある小分子 RNA で、これらのうちのいくつかはスプライソソームの構成成分となる。

語群

- 【① rRNA (ribosome RNA) ② tRNA (transfer RNA) ③ miRNA (micro RNA)  
 ④ siRNA (small interfering RNA) ⑤ M1 RNA ⑥ gRNA (guide RNA)  
 ⑦ 7S RNA ⑧ piRNA (PIWI-interacting RNA)  
 ⑨ snRNA (small nuclear RNA) ⑩ snoRNA (small nucleolar RNA)】

問2-3 次の文章を読んで、以下の(1)～(4)の間に答えよ。

解糖はグルコースを初発物質として、クエン酸回路で代謝される( N )あるいは、(r)乳酸を生成する代謝経路である。解糖の主な役割の1つは、生体エネルギー通貨と呼ばれる( O )を生成することである。この経路には、リン酸化反応、( P )反応、開裂反応、脱水反応、転移反応が含まれており、( P )反応によるグルコース 6-リン酸からフルクトース 6-リン酸への代謝は、C6化合物1分子から、C3化合物2分子を生み出す鍵となっている。

単細胞真核生物である出芽酵母(以下、酵母とよぶ)は、グルコースを唯一の炭素源とする培地では、培地中のグルコースをトランスポーターを介して細胞内に取り込んだのち、解糖から始まる一連の反応によりエネルギーを生産して生育する。また、スクロースを唯一の炭素源とする培地は、細胞外にインベルターゼを分泌することでスクロースをグルコースとフルクトースに分解してからトランスポーターを介して細胞内に取り込み、解糖から始まる一連の反応によりエネルギーを生産して生育する。

インベルターゼはリボソームによって合成されたのち、小胞体から( Q )を経て、分泌小胞で細胞外に分泌される。インベルターゼの分泌に必要なシグナルペプチドを、遺伝子組換えにより液胞への局在に必要なシグナルペプチドに置換すると、インベルターゼは液胞へと局在を変えることが分かった。(s)この遺伝子組換え酵母はスクロースを唯一の炭素源とする培地で生育できなくなった。さらに、(t)この遺伝子組換え酵母を変異原処理すると、スクロース含有培地で生育できる酵母が出現した。

- (1) ( N ) ~ ( Q )に入る最も適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部(r)について、乳酸の生成が優先的に起こるのはどのような条件のときか、1行程度で答えよ。
- (3) 下線部(s)について、このような実験結果が得られた理由を考察し、“二糖”、“細胞膜”という2つの語句を使用して3行以内で答えよ。
- (4) 下線部(t)について、このような実験結果が得られた理由を考察し、“分泌”、“スクロース”という2つの語句を使用して3行以内で答えよ。

「草稿用余白」

「草稿用余白」

「草稿用余白」

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6（2024）年度修士課程入学試験問題  
小論文

令和5（2023）年8月1日（火）  
11：50～12：30（40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8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. 問題には小論文2題の「問1」「問2」があります。**すべての問題に**解答しなさい。
5. 解答用紙は水色（マス目付き）のもの計2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**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**を記入し、また、解答欄には解答ごとに問題の番号[例：**問2**-(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、字数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は使用してはいけません。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40分です。

「草稿用余白」

「草稿用余白」

**問 1** 次の文章を読み、生物体の形を対称性の程度を基準に定量化して調べてみると、どのような知見が得られるかを500字程度で論ぜよ。

**【著作権保護のため問題文は掲載してありません】**



## 問2

次の文章を読み、以下の（１）～（２）の間に答えよ。

ヘンペルのカラスという有名なパラドックスがあります。世の中のカラスは全て黒いか否かを調べる話を元に、何かを証明する事の違和感を提唱した物語です。提唱者であるカール・ヘンペルにちなんでこの名前と呼ばれています。

その内容を紹介します。「カラスは全て黒い」ということを証明したい人間がいました。そこでその人間はその証明のため、世界中の「黒くないもの」を全て集め、その中にカラスが存在しないことを確認するという方法をとることにしました。黒くないものが全てカラスでなければ、カラスは全て黒いということも証明したことになるという対偶論法です。その人間は世界中の黒くないものを全て確認し、その中にカラスが含まれてなかったことから証明に成功したと考えました。しかしそれと同時に、「自分がカラスを一羽も調べることなく、カラスは黒いということを証明している」ということに気づきました。

（１）パラドックスの意味を30字以内で説明せよ。

（２）ヘンペルのカラスの証明を実際に上記の方法で行う場合には、いくつかの問題点がある。それを300字程度で説明せよ。

「草稿用余白」

「草稿用余白」

「草稿用余白」