

大学院入学試験問題用紙

2024 年度 1 期

| 科 目 名    | 受 験 専 攻                | 受 験 番 号 | 氏 名 |
|----------|------------------------|---------|-----|
| 分子生物学（一） | バイオサイエンス 専攻<br>博士前期 課程 |         |     |

1. 次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

真核細胞の DNA は、ヒストンと結合して（ 1 ）と呼ばれる基本構造からなるクロマチンを形成している。DNA を染色体として観察できるのは細胞周期の M 期だけであり、それ以外の時期は、（ 2 ）期と呼ばれる。（ 2 ）期には S 期、G<sub>1</sub> 期、G<sub>2</sub> 期が存在する。細胞周期の制御は、（ 3 ）タンパク質の結合と、リン酸化と脱リン酸化により周期的に活性化する（ 4 ）に依存している。

DNA 複製は、ゲノム DNA の決まった部位から開始される。この部位を複製起点と呼ばれ、一般的に、原核生物のゲノム上には複製起点は一つだけ存在するのに対して、真核生物のゲノム上には多数存在している。複製が進行中の分岐点の構造は複製フォークと呼ばれる。複製フォークの進行と同じ方向に合成される DNA は（ 5 ）鎖、逆方向に合成される DNA は（ 6 ）鎖と呼ばれる。

真核生物の転写には RNA ポリメラーゼ I、RNA ポリメラーゼ II および RNA ポリメラーゼ III が関与している<sup>(a)</sup>。真核生物の転写は細胞の（ 7 ）で行われ、翻訳は細胞の（ 8 ）で行われる。<sup>1</sup> 次転写産物は様々な修飾<sup>(b)</sup>や（ 9 ）を受けて、（ 10 ）が取り除かれ、（ 11 ）だけが連結した成熟 mRNA となる。

翻訳には、mRNA の他にリボソーム RNA (rRNA) とトランスファー RNA (tRNA) が重要な役割を担っている。3つの塩基によってアミノ酸を指定する遺伝暗号（コドン）が知られている。1つのアミノ酸に複数のコドンが対応することをコドンの（ 12 ）という。遺伝暗号の解析が進むにつれて、生物種によっては普遍遺伝暗号表に従わないコドン、すなわち非普遍遺伝暗号の存在が明らかにされた。

問 1. 上の文章の（1）から（12）に適切な用語を答えよ。

|     |      |      |      |
|-----|------|------|------|
| (1) | (2)  | (3)  | (4)  |
| (5) | (6)  | (7)  | (8)  |
| (9) | (10) | (11) | (12) |

問2. 細胞周期に関して、M 期、S 期、G<sub>1</sub> 期、G<sub>2</sub> 期を順番に並べよ。 M 期 → 期 → 期 → 期

問3. 図 1 は、とある培養細胞をフローサイトメーターに供試し、個々の細胞の DNA 量を測定したものである。③の細胞集団は細胞周期（M 期、S 期、G<sub>1</sub> 期、G<sub>2</sub> 期）のどの段階にいるか回答せよ。

問4. 下線部(a)に関して、mRNA、tRNA、18S rRNA、28S rRNA について、転写時に使用されるポリメラーゼの種類で分類せよ。

|                 |
|-----------------|
| RNA ポリメラーゼ I:   |
| RNA ポリメラーゼ II:  |
| RNA ポリメラーゼ III: |

問5. 下線部(b)に関して、真核生物の mRNA の 5'端にはキャップ構造という特殊な修飾が施されている。キャップ構造で付与される物質の名称およびキャップ構造の生物学的役割を 2 つ答えよ。

(名称) (役割 1) (役割 2)

問6. 下線部(b)に関して、真核生物の mRNA の 3'端には、とある修飾が付与されている。この修飾の名称および生物学的役割を 2 つ答えよ。

(名称) (役割 1) (役割 2)

問7. 普遍的な終止コドンを 3 つすべて挙げよ。

2. 以下の文について、正しい場合は回答欄に『T』、正しくない場合は間違っている箇所（用語）を四角で囲み、回答欄に正しい用語を答えよ。

- A. サザンブロッティングは、電気泳動の優れた分離能と抗原抗体反応の高い特異性を組み合わせて、タンパク質混合物から特定のタンパク質を検出する手法である。
- B. 細胞からの分泌物が直接拡散などにより近隣の細胞に作用することをサイトカインという。
- C. タンパク質やその他の巨大分子の厳密な三次元構造をキアズマという。
- D. 二本鎖 RNA (dsRNA) が翻訳抑制または転写抑制によって遺伝子の発現を配列特異的に抑制することをリボザイム抑制という。

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| A | B | C | D |
|---|---|---|---|

【2 枚目に続く】

# 大学院入学試験問題用紙

2024 年度 1 期

| 科 目 名    | 受 験 専 攻                | 受 験 番 号 | 氏 名 |
|----------|------------------------|---------|-----|
| 分子生物学（一） | バイオサイエンス 専攻<br>博士前期 課程 |         |     |

3. 真核生物の代謝に関する文章を読んで、以下の問いに答えよ。

真核生物がグルコースをエネルギー源として行う酸素呼吸の経路は3段階に分かれている。1段階目の反応は（ A ）で行われ、ATP2分子が消費され、グルコース1分子がピルビン酸2分子に分割され、活性運搬体であるATP4分子と（ B ）が2分子生じる。その後、ピルビン酸は（ A ）から（ C ）の（ D ）に移り、（ E ）とCO<sub>2</sub>に変換され、活性運搬体である（ F ）が生じる。（ E ）の炭素は4炭素のオキサロ酢酸に転移して6炭素の（ G ）を作る。（ G ）分子は徐々に酸化<sup>(a)</sup>され、その酸化エネルギーによって活性運搬体が生成される。これらは8反応からなり、最後にオキサロ酢酸が再生されて次のサイクルに入る。この2段階目の反応では、（ E ）1分子から（ H ）3分子が生じる他、（ I ）から還元型の（ J ）が1分子、（ K ）から（ L ）1分子が生成される。3段階目の反応は（ M ）の（ N ）で行われ、1段階目および2段階目の反応で生成された活性運搬体が有する高エネルギーの電子を（ O ）に渡し、ATPを産生する。この（ P ）の過程で食物分子の分解で生じるエネルギーの大部分が獲得される。

問1. 上の文章の（ A ）から（ P ）に適切な用語を以下の中から数字で回答せよ（括弧は不要で、数字のみで回答せよ）。なお、同じ用語（数字）を何度使用しても良い。

(1)細胞膜、(2)核膜、(3)核、(4)核小体、(5)サイトゾル、(6)細胞骨格、(7)小胞体、(8)ゴルジ体、(9)リボソーム、(10)リソソーム、(11)ペルオキシソーム、(12)ミトコンドリア、(13)小胞体、(14)ストロマ、(15)マトリックス、(16)チラコイド膜、(17)内膜、(18)外膜、(19)ATP、(20)CTP、(21)GTP、(22)TTP、(23)ADP、(24)CDP、(25)GDP、(26)TDP、(27)AMP、(28)CMP、(29)GMP、(30)TMP、(31)FAD、(32)FADH<sub>2</sub>、(33)NAD<sup>+</sup>、(34)NADH、(35)コハク酸、(36)リンゴ酸、(37)フマル酸、(38)クエン酸、(39)イソクエン酸、(40)αケトグルタル酸、(41)マロン酸、(42)スクシニル CoA、(43)アセチル CoA、(44)クロトニル CoA、(45)マロニル CoA、(46)異性化、(47)β-酸化、(48)酸化的リン酸化、(49)メチル化、(50)アセチル化、(51)電位依存性ナトリウムチャネル、(52)電位依存性カリウムチャネル、(53)電位依存性カルシウムチャネル、(54)電子伝達系、(55)光化学系

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| (A) | (B) | (C) | (D) | (E) | (F) |
| (G) | (H) | (I) | (J) | (K) | (L) |
| (M) | (N) | (O) | (P) |     |     |

問2. 下線部(a)について、第2段階目の反応の酸化に必要な酸素原子を供給する化合物の化学式を回答せよ。 \_\_\_\_\_

問3. グルコースを貯蔵する場合、動物細胞と植物細胞では異なる物質で保管している。それぞれの物質名を回答せよ。  
動物細胞： \_\_\_\_\_ 植物細胞： \_\_\_\_\_

問4. 生体内で利用可能なグルコースを増やす方法として、ピルビン酸からグルコースを合成することがある。この反応をなんと呼ぶか回答せよ。 \_\_\_\_\_

4. 次の用語の中から3つ選択して、その用語について分子生物学的に説明せよ。

リバーシジェネティクス（逆遺伝学）、ドミナントネガティブ作用、オートファジー、テロメア、光遺伝学（オプトジェネティクス）、アブシジン酸、Tiプラスミド、バイオエタノール、グルタチオン、シアノバクテリア、F因子、X線結晶構造解析、クロマトグラフィー、ゲノムワイド関連解析（Genome-Wide Association Study）、サーカディアンリズム、エピゲノム、胚盤胞

用語1： \_\_\_\_\_  
用語1の説明： \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

用語2： \_\_\_\_\_  
用語2の説明： \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

用語3： \_\_\_\_\_  
用語3の説明： \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

【分子生物学（二）に続く】

大学院入学試験問題用紙

2024 年度 1 期

| 科 目 名    | 受 験 専 攻                | 受 験 番 号 | 氏 名 |
|----------|------------------------|---------|-----|
| 分子生物学（二） | バイオサイエンス 専攻<br>博士前期 課程 |         |     |

分子生物学（二）の問題は 3 頁～5 頁の 3 枚ある。以下の大問 1 に答えよ。

1 以下の文章を読んで問 1～問 4 に答えよ。

3 つの遺伝子、*geneA*、*geneB*、*geneC* は、ある細菌のゲノム DNA 上に、その順番で並んでいて、糖 X の代謝に関わるタンパク質をコードする遺伝子群である。*geneB* と *geneC* は共に、*geneB* の上流に位置する<sup>(1)</sup>共通のプロモーターから転写され、同一の制御下に置かれている。*geneA* 遺伝子産物は、*geneB* の上流に位置する特定の塩基配列に結合し、その発現を制御している。*geneC* 遺伝子産物は糖 X を細胞内に取り込む働きをしていて、*geneB* 遺伝子産物は細胞内に取り込まれた<sup>(2)</sup>糖 X を、グルコースと糖 Y に分解する酵素である。

（研究 1）*geneB* の転写開始点を決定するために、以下の実験を行った。<sup>(3)</sup>*geneB* 内の塩基配列のオリゴデオキシリボヌクレオチドを化学合成し、 $[\gamma\text{-}^{32}\text{P}]\text{ATP}$  とポリヌクレオチドキナーゼを用いて放射能標識した。この<sup>(4)</sup>標識オリゴデオキシリボヌクレオチド Z をプライマーに用いて、菌体から抽出した<sup>(5)</sup>RNA を鋳型として DNA を合成した。その際、反応液中の鋳型 RNA の量は、全ての反応で一定にした。これを<sup>(6)</sup>尿素を含むポリアクリルアミドゲルを担体とする電気泳動に供し、X 線フィルムに感光させて放射性的バンドを検出した。その結果を模式的に図 1（右図）に示す。レーン 1、2 は、糖 X を含まない培地、含む培地で培養した菌体から抽出した RNA を鋳型とした反応産物を電気泳動した結果である。レーン 3、4 は、*geneA* を破壊した菌株を用いて、レーン 1、2 と同様の実験を行なった結果である。レーン G、A、T、C は、標識オリゴデオキシリボヌクレオチド Z をプライマーに、*geneB* のプロモーターや *geneB* の塩基配列を含むゲノム DNA 領域をクローン化した<sup>(7)</sup>プラスミド DNA を鋳型に用いて、<sup>(8)</sup>サンガー法で DNA 塩基配列決定を行なった結果である。

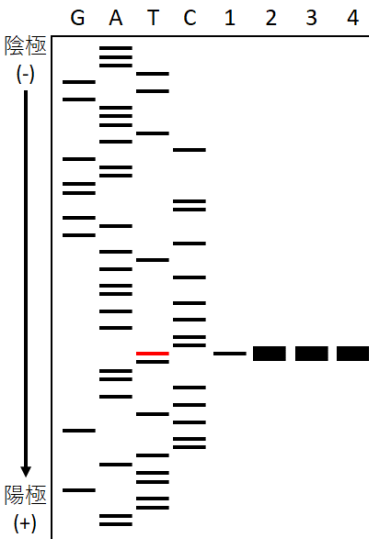


図 1（研究 1）の実験結果  
図の上側が陰極、下側が陽極である。レーン 1～4 のバンドと同じ移動度のバンドが、レーン T のバンドの中（赤で示した）に見られる。レーン G、A、T、C は反応に用いたジデオキシリボヌクレオチドの種類をあらわしている。

（研究 2）*geneB* 及び *geneC* 遺伝子産物のポリペプチドとしての性質を調べるために、20 種のアミノ酸に表 1（下表）のような点数を割り当てた。

表 1 アミノ酸と点数の関係

| アミノ酸 | 点数   | アミノ酸 | 点数   | アミノ酸 | 点数   | アミノ酸 | 点数   | アミノ酸 | 点数   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ala  | -1.8 | Cys  | -2.5 | His  | +3.2 | Met  | -1.9 | Thr  | +0.7 |
| Arg  | +4.5 | Gln  | +3.5 | Ile  | -4.5 | Phe  | -2.8 | Trp  | +0.9 |
| Asn  | +3.5 | Glu  | +3.5 | Leu  | -3.8 | Pro  | +1.6 | Tyr  | +1.3 |
| Asp  | +3.5 | Gly  | +0.4 | Lys  | +3.9 | Ser  | +0.8 | Val  | -4.2 |

この表をもとに、N 末端から n 番目の残基を中心に前後 3 残基、すなわち n-3 から n+3 までの合計 7 残基の点数の平均値を n 番目残基のスコアとし、このスコア計算を *geneB* 及び *geneC* 遺伝子産物の N 末端から C 末端まで行なって、横軸に残基番号、縦軸にスコアをとったグラフを描いたのが図 2（下図）の A・B である。

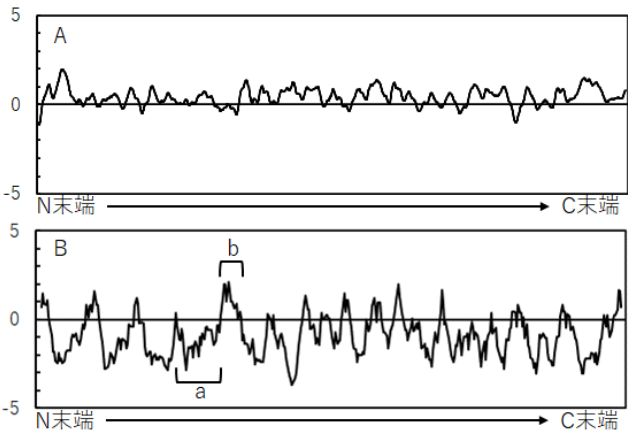


図 2（研究 2）の実験結果  
A、B は *geneB*、*geneC* 遺伝子産物のいずれかの結果である。横軸の左が N 末端で、右側が C 末端である。2 つの遺伝子産物は残基数が大きく違うが、ここではグラフの横幅を揃えて示している。

【頁 4 に続く】

大学院入学試験問題用紙

2024 年度 1 期

|          |                        |         |     |
|----------|------------------------|---------|-----|
| 科 目 名    | 受 験 専 攻                | 受 験 番 号 | 氏 名 |
| 分子生物学（二） | バイオサイエンス 専攻<br>博士前期 課程 |         |     |

問 1．下線部(1)のような構造をもった遺伝子群の一般的な名称を答えよ。

名称：

問 2．下線部(2)について、糖 Y をガラクトースとした場合の、糖 X の名称を答えよ。

糖 X の名称：

問 3．（研究 1）について、以下の（１）～（９）に答えよ。

（１）研究 1 で行った実験手法の一般的な名称を答えよ。

名称：

（２）下線部(3)のオリゴデオキシリボヌクレオチドには、コード鎖、非コード鎖のどちらの配列を使わなければならないか選び、丸で囲め。

解答：コード鎖・非コード鎖

（３）下線部(4)の標識オリゴデオキシリボヌクレオチド Z は、5′ 末端、3′ 末端の、どちらに放射性のリン酸基をもつか選び、丸で囲め。

解答： 5′ 末端・3′ 末端

（４）下線部(5)で用いる酵素は一般に何と呼ばれるか、名称を答えよ。

名称：

（５）下線部(6)のように、ポリアクリルアミドゲルに尿素を含ませるのは何のためか、理由を答えよ。

理由：

（６）下線部(7)について、大腸菌からプラスミド DNA を調整する方法に関する次の文章を読んで、文章の空欄 A～P に入る適切な用語を以下の【選択肢】の中から選び**数字で回答**せよ（○は不要で、数字のみで解答せよ）。なお、異なる記号の空欄に同じ用語が入ることはない、また空欄 K と L の用語の並び順番は問わないが、一般的な呼称の順番で解答せよ。

プラスミド DNA を有する細菌細胞沈殿物を緩衝液に再懸濁する。この緩衝液には **A** のような細胞壁を溶解する酵素を加えることもある。また、RNA を分解するために、**B** を加えることもあるが、後の **C** 性にする操作によっても、RNA はある程度分解される。次に、pH が強 **C** 性の **D** の溶液と、**E** のような界面活性剤の溶液の混合液である溶菌液を、細胞懸濁液に加える。DNA は、**F** 性付近の pH で塩基間に **G** 結合を形成しているが、pH が **C** 性側になると、**G** 結合が壊れて変性する。一方、**E** は細胞膜を壊しタンパク質を変性させるため、成分は可溶化し溶液は透明な状態になる。次に、その混合液に **H** を含む **I** 性の溶液を加えて **F** 和すると、分子量の大きい染色体 DNA は急激な変化に対応できないため元の状態に戻れず、界面活性剤とともに、タンパク質等と不溶性の沈殿塊となる。一方、同じ DNA であるが分子量が小さく、しかも超らせん構造をとり **J** 状のプラスミド DNA は溶菌液にさらされても変性しにくく、可溶性の状態を維持できる。そのため、試料を遠心すると、その上清には多少のタンパク質等の不純物は含まれるものの、プラスミド DNA が存在している。上清からタンパク質等の不純物を除き、プラスミド DNA を精製するには、**K** ・ **L** 混合液で処理する。処理溶液を遠心し 3 層に分離させ、そのうち DNA が含まれる **M** 層を取り出し、そこに、一価の陽イオンである **N** を添加し、2～3 倍量の **O** を加えて、DNA を沈殿させる。沈殿を 70%の **O** 溶液でリンスし、沈殿を乾燥させ、金属イオンのキレート作用のある **P** を含む緩衝液に溶解して保存する。

【選択肢】

①ホスファターゼ、②リゾチーム、③リボヌクレアーゼ、④酸、⑤アルカリ、⑥中、⑦水酸化ナトリウム、⑧塩酸、⑨酢酸、⑩酢酸ナトリウム、⑪酢酸カリウム、⑫ドデシル硫酸ナトリウム(SDS)、⑬エチレンジアミン四酢酸(EDTA)、⑭グアニジン塩酸塩、⑮水素、⑯イオン、⑰共有、⑱閉環(ccc)、⑲開環(oc)、⑳直鎖(l)、㉑フェノール、㉒ホルムアルデヒド、㉓クロロホルム、㉔エタノール、㉕メタノール、㉖水、㉗中間、㉘有機

|    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| A： | B： | C： | D： | E： | F： | G： | H： |
| I： | J： | K： | L： | M： | N： | O： | P： |

【頁 5 に続く】

4

大学院入学試験問題用紙

2024 年度 1 期

|           |                        |         |     |
|-----------|------------------------|---------|-----|
| 科 目 名     | 受 験 専 攻                | 受 験 番 号 | 氏 名 |
| 分子生物学 (二) | バイオサイエンス 専攻<br>博士前期 課程 |         |     |

(7) 下線部(8)で、プライマーに近い (鎖長の短い) 反応産物は陽極側、陰極側の、どちら側よりに移動しているか選び、丸で囲め。

解答：陽極側・陰極側

(8) 転写開始点から転写が開始してできる *geneB*–*geneC* の mRNA の 5′ 側の最初の 10 塩基の塩基配列を図1の実験結果をもとに解読し、5′ –NNNNNNNNNN の形で答えよ。

5′ —

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

(9) 図2のレーン 1、2 のバンドの濃さの違いから、糖 X またはその派生物は、*geneB*、*geneC* の転写の「ア」となることがわかる。また、レーン 3、4 の実験結果から、*geneA* 遺伝子産物は、この転写の「イ」として働いていると考えられる。

空欄ア、イにあてはまる最も適切な用語を下記の【選択肢】の中から選び数字で答えよ。

ア：イ：

【選択肢】①inducer, ②inhibitor, ③activator, ④repressor

問4. (研究2) について、(1) ～ (3) に答えよ。

(1) 表1で低い点数、すなわち負の点数のアミノ酸を負の値が大きい順に 3つ、略号ではない名称で答え、構造の類似性から名付けられた、その3つのアミノ酸の総称を答えよ。また、低い点数が割り当てられているほど、どのような性質のアミノ酸であると考えられるか答えよ。

|            |    |    |     |
|------------|----|----|-----|
| アミノ酸の名称：1、 | 2、 | 3、 | 総称： |
|------------|----|----|-----|

性質：

(2) グラフ B は A と比べてゼロのラインを境に凹凸が顕著で、グラフ中に示した a のように負のスコアの残基が続く比較的長い領域と、b のように正のスコアの比較的短い領域が、交互に現れているように見える。a のようなペプチド領域は細胞のどの場所にあると考えられるか、その構造の名称を答えよ。

名称：

(3) グラフ A と B のどちらが *geneB* 遺伝子産物のグラフで、どちらが *geneC* 遺伝子産物のグラフか答えよ。判断した理由も簡潔に説明せよ。

解答：A、*gene* 遺伝子産物 B、*gene* 遺伝子産物

理由：

【以上】

5

大学院入学試験問題用紙

2024 年度 2 期

| 科 目 名     | 受 験 専 攻                | 受 験 番 号 | 氏 名 |
|-----------|------------------------|---------|-----|
| 分子生物学 (一) | バイオサイエンス 専攻<br>博士前期 課程 |         |     |

1. 次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

真核細胞の DNA は、ヒストンと結合して ( 1 ) と呼ばれる基本構造からなるクロマチンを形成している。DNA を染色体として観察できるのは細胞周期の M 期だけであり、それ以外の時期は、( 2 ) 期と呼ばれる。( 2 ) 期には S 期、G<sub>1</sub> 期、G<sub>2</sub> 期が存在する。細胞周期の制御には、( 3 ) タンパク質の結合と、( 4 ) 化と脱 ( 4 ) 化により周期的に活性化する ( 5 ) が関与している。

DNA 複製は、ゲノム DNA の決まった部位から開始される。この部位は複製起点と呼ばれ、一般的に、原核生物のゲノム上には複製起点は一つだけ存在するのに対して、真核生物のゲノム上には多数存在している。複製が進行中の分岐点の構造は複製フォークと呼ばれる。複製フォークの進行と同じ方向に合成される DNA は（ 6 ）鎖と呼ばれ、逆方向に合成される DNA は（ 7 ）鎖と呼ばれる。

真核生物の転写は細胞の（ 8 ）で行われ、翻訳は細胞の（ 9 ）で行われる。1次転写産物は様々な修飾を受ける。また、構造的にも（ 10 ）を受けて、（ 11 ）が切り取られ、（ 12 ）だけが連結した成熟 mRNA となる。

翻訳には、mRNA の他にリボソーム RNA (rRNA) とトランスファーRNA (tRNA) が重要な役割を担っている。3つの塩基によってアミノ酸を指定する遺伝暗号(コドン)が知られている。1つのアミノ酸に複数のコドンが対応することをコドンの ( 13 ) という。翻訳に及ぼす遺伝子変異には、挿入や欠失によるフレームシフト変異や点突然変異がある。

問1. 上の文章の (1) から (13) に適切な用語を答えよ。

|      |      |      |     |      |
|------|------|------|-----|------|
| (1)  | (2)  | (3)  | (4) | (5)  |
| (6)  | (7)  | (8)  | (9) | (10) |
| (11) | (12) | (13) |     |      |

問2. 細胞周期に関して、G<sub>1</sub>期、G<sub>2</sub>期、M期、S期を順番に並べよ。 M期 → 期 → 期 → 期

問3. DNA複製の際に、岡崎フラグメントと呼ばれる短いDNA断片が生成される理由を述べよ。

問4. 普遍遺伝暗号表の終止コドンを3つ挙げよ。

問5. 点突然変異にはミスセンス変異、ナンセンス変異、サイレント変異がある。それぞれどのような変異か『コドン』を含めて説明せよ。

|          |
|----------|
| ミスセンス変異： |
| ナンセンス変異： |
| サイレント変異： |

2. 以下の文について、下線部が正しい場合は回答欄に『T』、正しくない場合は、回答欄に正しい用語を記述せよ。

A インテグリンファミリータンパク質は上皮細胞の細胞膜を貫通し、隣の上皮細胞の同一タンパク質と結合する。

B 細胞表面に存在するイオンチャネル型受容体は、細胞表面受容体の最大ファミリーであり、7 回膜貫通型の構造を有し、ホルモン、局所仲介物質、神経伝達物質など膨大な種類の細胞外シグナル分子に対する細胞の応答を仲介する。

C 真核細胞は、エキソサイトーシスによって液体だけでなく小型分子や巨大分子を細胞内に取り込んでいる。

D タンパク質が機能を有する構造に折りたたまれる過程を導く分子は、コヒーシントンパクである。

E 減数分裂時に倍加した相同染色体どうし（4本の姉妹染色体）が対合してできる構造を二価染色体という。

|   |   |   |
|---|---|---|
| A | B | C |
| D | E |   |

【2枚目に続く】

# 大学院入学試験問題用紙

2024 年度 2 期

| 科 目 名    | 受 験 専 攻                | 受 験 番 号 | 氏 名 |
|----------|------------------------|---------|-----|
| 分子生物学（一） | バイオサイエンス 専攻<br>博士前期 課程 |         |     |

3. 光合成に関する文章を読んで、以下の問いに答えよ。

葉緑体およびシアノバクテリアで行われる光合成は、光化学系として知られる大型のタンパク質複合体に埋め込まれている（ A ）分子によって太陽光のエネルギーが捕捉される。これらの光化学系は葉の細胞の（ B ）に局在している。光化学系に連なっている電子伝達系は高エネルギー電子を（ C ）から（ D ）に運んで（ E ）をつくり、副産物として（ F ）が生じる。光合成電子伝達系は、（ B ）をはさんだプロトン勾配をつくりだす。この電気的化學勾配は、膜に埋め込まれている ATP 合成酵素によって ATP 生成に利用される。光合成でつくられた ATP と（ E ）は葉緑体の（ G ）にある（ H ）回路を駆動させ、（ I ）と（ C ）から糖がつくられる。

問1. 上の文章の（A）から（I）に最も適切な用語を以下の中から数字で回答せよ（括弧は不要で、数字のみで回答せよ）。

(1)サイトゾル、(2)細胞膜、(3)核膜、(4) チラコイド膜、(5)マトリックス、(6)ストロマ、(7) O<sub>2</sub>、(8) CO<sub>2</sub>、(9) N<sub>2</sub>、(10) H<sub>2</sub>O、(11) FAD、(12) FADH<sub>2</sub>、(13) NAD<sup>+</sup>、(14) NADH、(15) NADP<sup>+</sup>、(16) NADPH、(17) ADP、(18) ATP、(19)ユビキノン、(20)シトクロム c、(21)クロロフィル、(22)クエン酸、(23)炭素固定、(24)窒素固定、(25)β-酸化

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| (F) | (G) | (H) | (I) |     |

問2. ATP の正式名称を回答せよ。和名でも英名でも可とする。

問3. （ H ）回路に入る前の反応を触媒する大型の酵素は、ほかのほとんどの酵素よりも反応速度が遅く、葉緑体の全タンパク質の 50%以上を占めていることが多い。この大型の酵素の名称を答えよ。

4. 次の用語の中から 4 つ選択して、その用語について分子生物学的に 2-3 行で説明せよ。

リバースジェネティクス（逆遺伝学）、フィードバック阻害、遺伝子の水平伝播、シンテニーの保存、トランスポゾン、緑色蛍光タンパク質、X 線結晶構造解析、アブシジン酸、グルタチオン、エビジェネティクス、時計遺伝子

用語 1 : \_\_\_\_\_

用語 1 の説明 :

用語 2 : \_\_\_\_\_

用語 2 の説明 :

用語 3 : \_\_\_\_\_

用語 3 の説明 :

用語 4 : \_\_\_\_\_

用語 4 の説明 :

【分子生物学（二）に続く】

大学院入学試験問題用紙

2024 年度 2 期

| 科 目 名    | 受 験 専 攻                | 受 験 番 号 | 氏 名 |
|----------|------------------------|---------|-----|
| 分子生物学（二） | バイオサイエンス 専攻<br>博士前期 課程 |         |     |

分子生物学（二）の問題は 3 頁～5 頁の 3 枚ある。以下の大問 1、2 に答えよ。

1 以下の文章を読んで問 1～問 7 に答えよ。

(1)細菌 Z は細胞質膜（内膜）の外側に外膜を有している。3 つの遺伝子、*geneA*、*geneB*、*geneC* は、細菌 Z のゲノム DNA 上に、その順番で並んでいて、糖 X の代謝に関わるタンパク質をコードする遺伝子群である。*geneB* と *geneC* は共に、*geneB* の上流に位置する(2)共通のプロモーターから転写され、同一の制御下に置かれている。*geneA* 遺伝子産物は、(3)*geneB* の上流に位置する特定の塩基配列に結合し、その(4)発現を負に制御している転写制御因子である。*geneB* 遺伝子産物は細胞内に取り込まれた(5)糖 X を、グルコースと糖 Y に分解する酵素で、*geneC* 遺伝子産物（GeneC とする）は糖 X を細胞内に取り込む輸送体で、細胞膜に埋め込まれた 12 の膜貫通ドメイン（図 1 の I～XII）をもつ膜タンパク質である。

（研究 1）膜タンパク質の機能には、細胞膜に埋め込まれる配置や向き（トポロジー）が重要である。そこで、GeneC のトポロジーを調べるために以下の実験を行った。まず、GeneC 内の 8 か所のシステインすべてを、セリンまたはバリンに置き換えた無システイン GeneC を作製した。次に、無システイン GeneC について、図 1 に示した 12 か所（C1～C12）のアミノ酸のうち 1 か所のアミノ酸をシステインに変換し、システイン残基を 1 つだけ有する 12 の異なる変異 GeneC を作製した。*geneC* を欠損させた細菌 Z で 12 の変異 GeneC をそれぞれ 1 つずつ発現させた。変異 GeneC を発現させたそれぞれの細胞について、3-(N-maleimidylpropionyl) biocytin (MBP)<sup>注1)</sup>処理した後、膜タンパク質を界面活性剤を用いて抽出した。抽出液を抗 GeneC 抗体で免疫沈降し、沈殿画分を可溶化した。得られた 12 の可溶化物を(6)ドデシル硫酸ナトリウム-ポリアクリルアミドゲル電気泳動（SDS-PAGE）により分離した。(7)泳動したポリアクリルアミドゲル内のタンパク質をニトロセルロースメンブランに転写し、西洋わさびペルオキシダーゼ(HRP)で標識したアビジン<sup>注2)</sup>と反応させ、HRP 活性を指標としてバンドを検出した（図 2A）。(8)検出後のメンブランからアビジンを剥離させた後、今度は抗 GeneC 抗体を用いてウェスタンブロット法に基づきバンドを検出した（図 2B）。

<sup>注1)</sup>MBP は、(9)システインの側鎖のチオール基に特異的に結合することによって、タンパク質をビオチン化させる試薬である。また、MBP は外膜は通過できるが、内膜は通過できない。

<sup>注2)</sup>アビジンは、ビオチンに非常に強く、かつ特異的に結合するタンパク質である。

（研究 2）GeneC の機能に重要なアミノ酸を調べるために以下の実験を行った。研究 1 で作製した無システイン GeneC について、ドメイン II 内のアミノ酸配列(TGIIFAAISLFSLLFQPL)中のアミノ酸を一つずつシステインに変換し、システイン残基を 1 つだけ有する 18 の異なる変異 GeneC を作製した。研究 1 と同様に *geneC* を欠損させた細菌 Z で変異 GeneC をそれぞれ 1 つずつ発現させ、N-ethylmaleimide(NEM)<sup>注3)</sup>の処理・未処理での糖 X の細胞内への取り込み量を比較し、輸送活性への影響を解析した（図 3）。なお、GeneC のアミノ酸配列の 18 か所すべてにおいて、システインに置換したことで、その輸送活性が完全に失われることはなかった。

<sup>注3)</sup>NEM は、MBP 同様、システインの側鎖のチオール基に特異的に結合する化合物である。

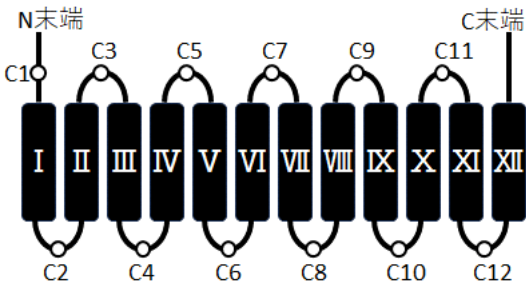


図 1 GeneC のタンパク質構造の模式図  
I～XIIの黒い四角は 12 の膜貫通ドメインをあらわしている。C1 から C12 の白い丸印はシステインに置換したアミノ酸の位置をあらわしている。

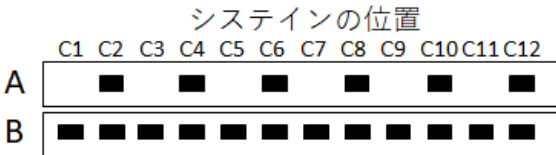
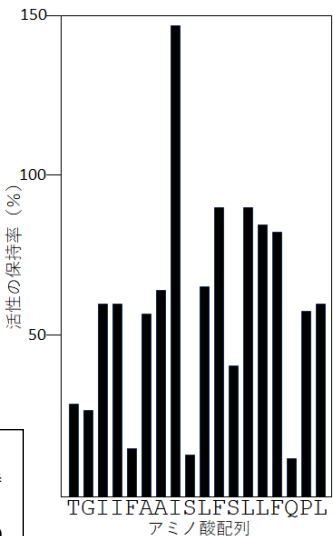


図 2 研究 1 の実験結果  
図の上部に唯一のシステインの位置をあらわしている。A はアビジンを、B は抗 GeneC 抗体を用いた実験結果をあらわしている。

図 3 研究 2 の実験結果  
図の下部（X 軸）にシステインに置換したアミノ酸の種類を記載した。縦軸は活性の保持率を％であらわしている。活性の保持率は以下の式で算出した。活性の保持率（％）＝（NEM 処理細胞の糖 X の取り込み量）／（NEM 未処理細胞の糖 X の取り込み量）× 100



【頁 4 に続く】

大学院入学試験問題用紙

2024 年度 2 期

| 科 目 名    | 受 験 専 攻                | 受 験 番 号 | 氏 名 |
|----------|------------------------|---------|-----|
| 分子生物学（二） | バイオサイエンス 専攻<br>博士前期 課程 |         |     |

問 1．下線部(1)のような構造をもった細菌 Z をグラム染色した場合、その結果は陽性、陰性のどちらになると考えられるか選び、丸で囲め。また、外膜と内膜の間の空間の名称を答えよ。

解答： 陽性・陰性

名称：

問 2．下線部(2)のような遺伝子群の構造の一般的な名称を答えよ。

問 3．下線部(3)について、そのような特定の塩基配列の一般的な名称を答えよ。

問 4．下線部(4)について、そのような転写制御因子の一般的な名称を答えよ。

問 5．下線部(5)について、糖 X を「ラクトース」だとした場合の、糖 Y の名称を答えよ。

問 2：

問 3：

問 4：

問 5：

問 6．(研究 1) について、(1) ～ (5) に答えよ。

(1) 下線部(6)について、この電気泳動法における SDS の役割を説明せよ。

役割：

(2) 下線部(7)で、ニトロセルロースメンブランをポリアクリルアミドゲルに対して陽極側、陰極側の、どちら側に配置するべきか選び、丸で囲め。

解答： 陽極側・陰極側

(3) 下線部(8)の実験は、図 2A の実験の結果を評価するために必要不可欠である。図 2A と B の結果を照らし合わせて、図 2 B の実験の必要性を説明せよ。

必要性：

(4) 下線部(9)について、タンパク質を構成している 20 種類の代表的なアミノ酸のうち、構造に硫黄原子を有しているアミノ酸の名称を、システイン以外で一つ答えよ。

アミノ酸の名称：

(5) GeneC のトポロジーについて、(研究 1) の結果から細胞質側は、図 1 の上または下のどちら側と考えられるか選び、丸で囲め。また、その答えに至った理由を説明せよ。

解答： 上側・下側

理由：

問 7．(研究 2) について、(1) ～ (3) に答えよ。

(1) 図 3 の実験結果で、活性の保持率が 50% 以下に低下してしまった 6 か所の部位のアミノ酸の略号ではない名称 (例：V なら「バリン」) を並び順に答えよ。同じアミノ酸がある場合も、その数に応じ複数回記入せよ。

(2) 図 4 のエドモンソン・ホイール・プロットは、連続するアミノ酸間の配置が 100° になるように、図の数字の順にアミノ酸配列をプロットすることで、タンパク質の構造を上から見た図として表現する手法である。図 4 にドメイン II 内の最初の 3 つのアミノ酸 (TGI) 以降のアミノ酸を順に略号で記入せよ。

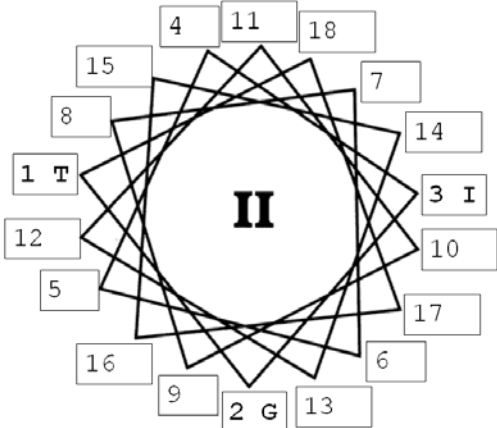


図 4 エドモンソン・ホイール・プロットの図

大学院入学試験問題用紙

2024 年度 2 期

| 科 目 名    | 受 験 専 攻                | 受 験 番 号 | 氏 名 |
|----------|------------------------|---------|-----|
| 分子生物学（二） | バイオサイエンス 専攻<br>博士前期 課程 |         |     |

（3）（1）で選んだアミノ酸の位置は、配列内に散在していて規則性は無いように見えるが、ドメインⅡは、あるタンパク質の二次構造をとるために、実は規則性が存在する。（2）の図4を参考にして、その二次構造の一般的な名称を答え、規則性を説明せよ。

二次構造の名称：  
規則性の説明：

2 大腸菌のような細菌からプラスミド DNA を調整する方法に関する次の文章を読んで、以下の問1～問5に答えよ。

プラスミド DNA を有する細菌細胞を緩衝液に懸濁する。この緩衝液には **A** のような細胞壁を溶解する酵素を加えることもある。また、RNA を分解するために、**B** を加えることもあるが、後の **C** 性にする操作によっても、RNA はある程度分解される。次に、pH が強 **C** 性の **D** の溶液と、ドデシル硫酸ナトリウム（SDS）の溶液の混合液である①溶菌液を、細胞懸濁液に加える。DNA は、**E** 性付近の pH で塩基間に **F** 結合を形成しているが、pH が **C** 性側になると、**F** 結合が壊れて変性する。一方、SDS は細胞膜を壊しタンパク質を可溶化させ、溶液は透明な状態になる。次に、その混合液に **G** を含む **H** 性の溶液を加えて **E** 和すると、分子量の大きい染色体 DNA は急激な変化に対応できないため元の状態に戻れず、SDS とともに、タンパク質等と不溶性の沈殿塊となる。一方、同じ DNA であるが分子量が小さく、しかも②超らせん構造をとる閉環状（ccc）のプラスミド DNA は溶菌液にさらされても変性しにくく、可溶性の状態を維持できる。そのため、試料を遠心すると、その上清には多少のタンパク質等の不純物は含まれるものの、プラスミド DNA が存在している。上清からタンパク質等の不純物を除き、プラスミド DNA をさらに精製するには、**I** ・クロロホルム混合液で処理する。処理溶液を遠心により水層・中間層・有機層に分離させ、③DNA が含まれる画分を丁寧に取り出し、2～3 倍量の **J** を加えて、DNA を沈殿させる。沈殿を 70%の **J** 溶液でリンスし、沈殿を乾燥させ、④エチレンジアミン四酢酸（EDTA）を含む緩衝液に溶解して保存する。

問1. 上の文章の空欄 A～L に入る適切な用語を以下の選択肢の中から選び**数字で回答**せよ（○囲みは不要で、数字のみで回答せよ）。なお、異なる記号の空欄に同じ用語・数字が入ることはない。

【選択肢】①ホスファターゼ、②リゾチーム、③リボヌクレアーゼ、④酸、⑤アルカリ、⑥中、⑦水酸化ナトリウム、⑧塩酸、⑨ギ酸、⑩塩化カリウム、⑪酢酸カリウム、⑫塩化ナトリウム、⑬疎水、⑭水素、⑮イオン、⑯共有、⑰フェノール、⑱ホルムアルデヒド、⑲エタノール、⑳メタノール

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| A: | B: | C: | D: | E: | F: | G: | H: | I: | J: |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|

問2. 下線部(1)について、この溶菌液は調整後、時間とともに劣化し、その効果が弱まることがある。その主たる原因を答えよ。

原因：

問3. 下線部(2)について、プラスミド DNA の構造には開環状（oc）もある。全く同じ配列・サイズのプラスミド DNA でも ccc と oc では、電気泳動で分離した際に、移動度が異なる。ccc と oc のどちらの移動度が小さいか、選び、丸で囲め。

解答：ccc・oc

問4. 下線部(3)について、DNA が含まれる画分は水層・中間層・有機層のどれか選び、丸で囲め。

解答：水層・中間層・有機層

問5. 下線部(4)の DNA の保存に際して有効な、EDTA のもつ性質を答えよ。また、EDTA が DNA の分解を妨げ、保存する際に何故有効なのか、その主たる理由を答えよ。

性質：

理由：

【以上】