

令和 8 年度
九州大学大学院生物資源環境科学府修士課程一般入試第 2 次
資源生物科学専攻 動物・海洋生物科学教育コース
入学試験問題

専門科目（専門・専門基礎）： 動物繁殖生理学研究分野

受験番号： _____

専門基礎に関わる設問 [1]、[2] は選択制とするため、[1]、[2] より 1 題選択して解答しなさい。時間に余裕がある場合、[1]、[2] いずれも解答してよいが、いずれか高得点の点数を採用する。また、専門に関わる [3] は本科目を受験する全ての受験生が解答しなさい。

- [1] 真核生物の細胞が分裂する際、凝縮した染色体が紡錘体によって分配される。これを有糸分裂とよび、細胞の正常性を維持するためにも非常に重要なプロセスである。有糸分裂は、その分裂様式の違いによって、体細胞分裂と減数分裂に大別される。体細胞分裂と減数分裂について、それぞれの細胞周期進行と染色体の分離様式の違いに着目して説明しなさい。
- [2] 哺乳動物の DNA では、一定の割合のシトシンがメチル化されている。DNA メチル化は、クロマチン構造制御および遺伝子発現制御を介して、X 染色体不活性化やゲノムインプリンティングにおいて重要な役割を担う。また、受精卵の着床前胚発生過程では、生殖細胞で確立されたメチル化状態が急激かつゲノムワイドに初期化され、DNA の脱メチル化が進行する。受精後のマウス着床前胚における DNA 脱メチル化について、以下の【 】内の語句を用いて、知ることを出来るだけ詳しく述べなさい。
【受動的脱メチル化、能動的脱メチル化、DNA methyltransferase、胚盤胞期胚】
- [3] 哺乳動物の雌性生殖細胞形成過程において、減数分裂による正確な染色体分離は、受精後の正常胚発生のために不可欠である。一方で、老化マウス個体においては、卵子の染色体分離エラーが観察される割合が増加するとの報告がある。何故老化マウス個体において、卵子の染色体分離エラーが頻発するか、その理由について分子的側面から考察し、論述しなさい。

令和 8 年度
九州大学大学院生物資源環境科学府修士課程一般入試第 2 次
資源生物科学専攻 動物・海洋生物科学教育コース
入学試験問題 解答例

専門科目（専門・専門基礎）： 動物繁殖生理学研究分野

受験番号： _____

[1]

体細胞分裂と減数分裂について、(1)細胞周期の進行様式と(2)染色体の分離様式、それぞれの観点から違いについて以下に述べる。

1. 細胞周期進行の違い

体細胞分裂は、一般的な細胞増殖に関わる分裂様式であり、細胞周期は G1 期 → S 期 → G2 期 → M 期の順に進行する。G1 期では細胞の成長と代謝が活発に行われ、S 期で DNA 複製が起こり、染色体は二倍化する。G2 期では分裂に備えて細胞内の準備が整えられ、M 期において有糸分裂が開始される。体細胞分裂では、1 回の分裂によって母細胞と同じ染色体数を持つ 2 個の娘細胞が形成される。このため、染色体数は変化せず、二倍体 (2n) の状態が維持される。

一方、減数分裂は、配偶子形成に関わる特殊な分裂様式であり、遺伝的多様性を生み出す重要な過程である。減数分裂も G1 期、S 期、G2 期を経るが、その後 2 回の連続した分裂が起こる。第一分裂（第一減数分裂）と第二分裂（第二減数分裂）である。S 期で DNA 複製が行われた後、第一減数分裂前期では相同染色体が対合し、交叉による遺伝的組換えが生じる。この過程は、遺伝情報の再編成を可能にし、子孫に多様性をもたらす。第二分裂では、姉妹染色分体が分離されるが、この時点で DNA の複製は行われず。結果として、染色体数は半減し、二倍体 (2n) から一倍体 (n) へと変化する。最終的に、1 個の母細胞から 4 個の配偶子が形成される。

2. 染色体分離様式の違い

体細胞分裂における染色体分離は、比較的単純である。M 期の中で、前期に染色体が凝縮し、紡錘体が形成される。中期では染色体が赤道面に整列し、後期に姉妹染色分体が分離される。これにより、各娘細胞は母細胞と同一の遺伝情報を保持する。したがって、体細胞分裂は遺伝的安定性を維持するための仕組みといえる。

これに対して、減数分裂では染色体分離様式が複雑である。第一減数分裂前期では、相同染色体が対合し、キアズマを形成して交叉が起こる。この過程で遺伝的組換えが生じ、染色体上の遺伝子配列が再編成される。第二減数分裂では、姉妹染色分体が分離される時点で体細胞分裂と類似しているが、DNA 複製を伴わないため、染色体数は半減したままである。この二段階の分離様式により、減数分裂は遺伝的多様性を生み出すと同時に、染色体数を半減させる役割を果たす。

マウスの生殖細胞形成過程で確立された DNA メチル化様式は、受精後にエピジェネティックリプログラミングを受け、その様式が急激に変化する。これらの変化について、精子ゲノムおよび卵子ゲノムにわけて説明する。

精子ゲノムに付与された DNA メチル化は、受精後の 1 細胞期胚において急激な脱メチル化される。この DNA 脱メチル化に関わる因子として酵素 TET (ten-eleven translocation) が知られており、TET の作用により、DNA メチル化 (5mC) が酸化された 5-ヒドロキシメチルシトシン (5hmC) へと変化し、一連の化学反応を経て最終的に未修飾のシトシンへと変換される。これらの反応は 1 細胞期の中に迅速に進み、能動的脱メチル化と呼ばれる。能動的脱メチル化によって、精子由来の雌性前核における DNA メチル化レベルは劇的に低下する。

一方、卵子ゲノム由来の雌性前核においては、TET による能動的脱メチル化は誘導されない。従って、1 細胞期胚における 5mC 総量を定量解析すると、雌性前核が有意に高い値を示す。卵子ゲノムにおける DNA 脱メチル化は、着床前胚において徐々に進行する様式を示す。通常 of 体細胞において、DNA 複製に伴って半保存的にメチル化パターンを継承し、ヘミメチル化状態のゲノムを認識して DNA methyltransferase (DNMT) と呼ばれる酵素が新しく複製された DNA 鎖にメチル基を付与することでメチル化レベルが維持される。ただし、マウス着床前胚においてはこの DNMT による維持メチル化機構が機能せず、結果として細胞分裂ごとにメチル化レベルが低下する受動的脱メチル化が観察される。

このように、精子ゲノム、卵子ゲノムそれぞれにおける DNA 脱メチル化のパターンには違いがあるが、雌雄両前核が融合し、2 細胞へと分裂した後も受動的脱メチル化は引き続き進行し、胚盤胞期胚において DNA メチル化レベルは最も低い状態になる。その後、さらに胚発生が進むにつれて DNMT 活性によりメチル化レベルは再び高い状態へと移行する。

[3]

受験者の論理的思考力や文章校正力を評価する設問であるため非公表とする。

令和 8 年度
九州大学大学院生物資源環境科学府修士課程一般入試第 2 次
資源生物科学専攻 動物・海洋生物科学教育コース
動物繁殖生理学研究分野

入学試験出題意図

問 1 動物繁殖生理学分野で研究するために必要な基礎的な細胞生物学および細胞分裂様式に関する知識を問う。

問 2 動物繁殖生理学分野で研究するために必要な基礎的なエピジェネティクスと動物胚発生に関する知識を問う。

問 3 動物繁殖生理学分野で近年中心的な研究課題となっている、老化にともなう生殖細胞形成過程の変化に関する専門的な知識と思考力を問う。