

前期日程試験

平成 27 年度医学科入学試験問題

生 物

[注意事項]

- 1 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけない。
- 2 解答用紙に受験番号と氏名を必ず記入すること。
- 3 この問題冊子の本文は、8 ページからなっている。落丁、乱丁及び印刷不鮮明な箇所等があれば、手をあげて監督者に知らせなさい。
- 4 この問題冊子の白紙と余白は、適宜下書きに使用してもよい。
- 5 解答は、すべて別紙「解答用紙」の指定された場所に記入すること。
- 6 この問題冊子は持ち帰ること。

1

遺伝に関する以下の設問に答えよ。

1. 減数分裂では、第一分裂の中期に相同染色体が同じ遺伝子座の部分で対合して、図1のように二価染色体を形成する。ただし、染色体はそれぞれ1本のみ記載してある。なお、 $a\sim g$ は遺伝子を表している。

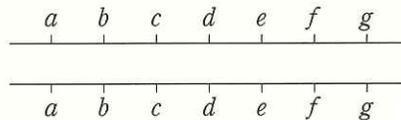


図1 二価染色体

- (1) いま、図2のように、相同染色体の一方が逆位を起こし、中央部分の遺伝子が逆向きに並んでしまった。どのように対合すれば二価染色体を形成することができるか、可能な対合の仕方を解答欄に図示せよ。ただし、それぞれの相同染色体は図1のように1本ずつ描けばよい。

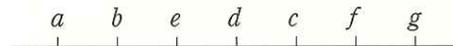


図2 逆位を起こした染色体

- (2) 2本の染色体で切断が起こり、切断面で他の染色体の一部を交換して結合することがある。図3の2と3が一部を交換した染色体、1と4はそれぞれ元の染色体と相同の染色体である。この染色体をもつ細胞が減数分裂をするとき、染色体上の一部の遺伝子の位置が異なっているため、1と2および3と4で二価染色体を形成する際、対合できない部分が存在する。しかし、4本の染色体が同じ遺伝子の並んだ領域同士を対合させることで四価染色体を形成することができる。どのように対合すれば四価染色体を形成することができるか、可能な対合の仕方を解答欄に図示せよ。答えの図は1～4の染色体を図1のように1本ずつ描けばよい。なお、くびれた部分に動原体がある。

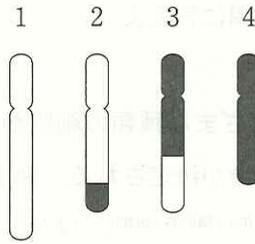


図3 一部を交換した染色体

2. ショウジョウバエで知られている2つの突然変異遺伝子、小型突出眼の遺伝子 L と曲がりばねの遺伝子 c に関して、これらの遺伝子座の距離は3.5である。また、ショウジョウバエでは減数分裂の際、雌では乗り換えが起こるが雄では起こらない。

いま、遺伝子型が雄雌どちらも $L+ / +c$ の個体を交配させた。このとき、 $[++]$ (表現型がどちらの形質も正常) のこどもはどのような割合で出現するか、計算過程も含めて答えよ。答えは分数で表すこと。ただし、大文字の記号は優性遺伝子、小文字は劣性遺伝子、 $+$ が正常な遺伝子を意味し、遺伝子が別の染色体上にあることを $/$ で区別している。

2

次の文を読み以下の設問に答えよ。

多細胞生物の体はさまざまな種類の細胞から構成されている。これらの細胞は、細胞分裂の過程で運命が決定される。図1に示すように、ショウジョウバエの表皮には4つの分化細胞(剛毛細胞, ソケット細胞, さや細胞, 神経細胞)が存在する。これらの細胞は、図2に示すように前駆細胞Aが分裂することにより生じた前駆細胞BとCがそれぞれさらに分裂することで生じる。これらの細胞が分裂する際に、タンパク質Xはどちらの娘細胞にも分配されるが、タンパク質Yは図3に示すように、どちらかの娘細胞にしか分配されない。ただし細胞分裂の後、XとYは娘細胞で再び合成される。

そこで4つの細胞の分化にXおよびYがどのように関わっているのかを調べるために、XあるいはYがまったく合成されない突然変異体の分化過程を調べたところ、図4と5のような結果を得た。また前駆細胞AおよびCでYを過剰に合成させることで、2つの娘細胞どちらにもYが分配されるような個体では、図6のような結果を得た。

1. タンパク質Yはタンパク質Xに対してどのような作用を持つと考えられるか、理由とともに答えよ。
2. 図2の正常個体において、それぞれの細胞は細胞分裂の際、どのようなタンパク質(X, Y)を受け取るか、解答欄に記入せよ。
3. 分化細胞を4つすべて剛毛細胞にするにはどのような実験を行えばよいか。

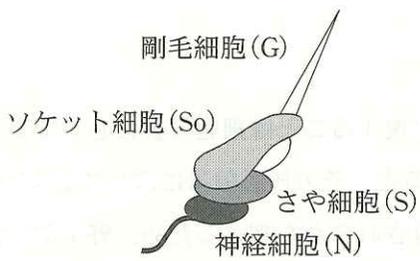


図1 ショウジョウバエの表皮の細胞

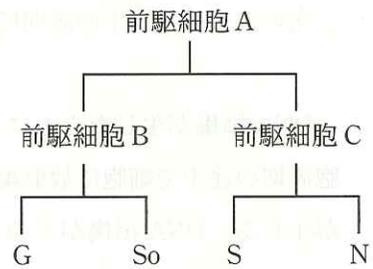


図2 正常個体における表皮の細胞の分化過程

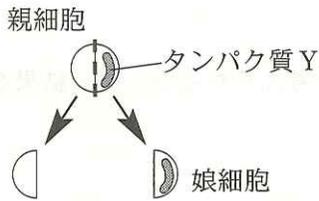


図3 タンパク質 Y の不均等分配

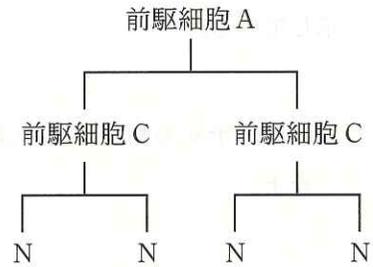


図4 X 変異体における表皮の細胞の分化過程

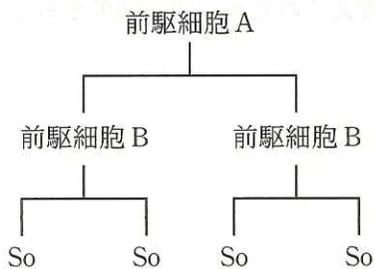


図5 Y 過剰合成個体における表皮の細胞の分化過程

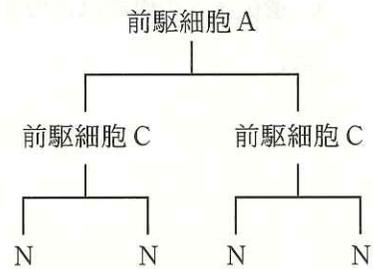


図6 Y 過剰合成個体における表皮の細胞の分化過程

3

次の文を読み以下の設問に答えよ。

DNA 損傷が生じたときに、それを修復することは細胞分裂に必須である。細胞周期の途中で細胞に放射線を照射すると、その放射線量に応じて DNA に損傷が生じる。DNA 損傷がどのように修復されるかを調べるため、野生型、遺伝子 a の変異体 A、および遺伝子 b の変異体 B の 3 種類の酵母を用いて実験を行った。それぞれの酵母を薬剤で処理することで、細胞周期をある時期で停止させた後、放射線を照射した。その後、薬剤を除くタイミングを変えて分裂した酵母を解析したところ、図 1～3 のようになった。ただし、図の縦軸の目盛りは対数で示している。

1. 遺伝子 a の働きはどのようなものと考えられるか、図の結果をもとに説明せよ。
2. 変異体 B は、放射線照射終了後 4 時間目に薬剤を除いたときに野生型と同様に分裂するようになった。なぜこのような結果になったと考えられるか、図の結果をもとに説明せよ。
3. 遺伝子 b の働きはどのようなものと考えられるか、図の結果をもとに説明せよ。

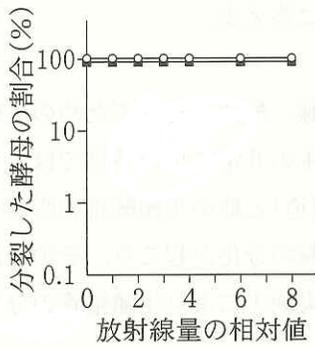


図1 野生型

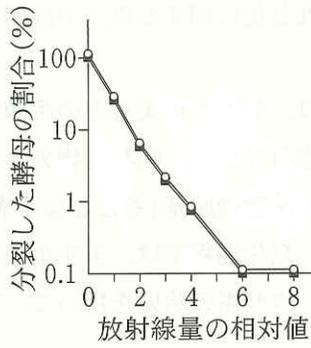


図2 変異体 A

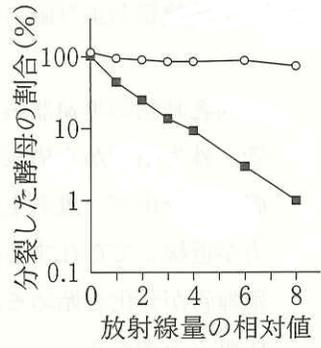


図3 変異体 B

- : 放射線照射終了後、直ちに細胞周期を一定の時期で停止させる薬剤を除いたとき、2日後に分裂していた酵母の割合
- : 放射線照射終了後、4時間目と同じ薬剤を除いたとき、2日後に分裂していた酵母の割合

哺乳動物の生殖器系は、卵巣や精巣などの生殖腺、配偶子を運ぶための生殖輸管、外生殖器から構成されている。哺乳動物の発生の非常に早い時期では、生殖腺は未分化で、雄の生殖輸管の原基(もととなる構造)と雌の生殖輸管の原基の両方が近接して存在する。発生過程では、まず生殖腺の分化が起こり、その後、生殖輸管が分化を始める。ウサギの胎児を用いて、実験①により生殖輸管の分化の仕組みを調べた。

実験① 精巣あるいは卵巣に分化したばかりの生殖腺を両側とも摘出したところ、性にかかわらず雄の生殖輸管の原基は退縮し、雌の生殖輸管が分化し発達した。そこでさらに雄胎児を用いて、分化直後の精巣を片側のみ摘出したところ、精巣を摘出した側では雌の生殖輸管が発達し、雄の生殖輸管の原基は退縮した。精巣を残した側では雄の生殖輸管が発達し、雌の生殖輸管の原基は退縮した。次に、雌胎児の片側の卵巣の近くに雄胎児から取り出した精巣を移植したところ、移植した側では雄の生殖輸管が発達して雌の生殖輸管の原基は退縮し、移植しなかった側では雄の生殖輸管の原基は退縮して雌の生殖輸管が発達した。

性の分化には生殖腺から分泌される性ホルモンがかかわることが多い。精巣から分泌される雄性ホルモンであるテストステロンは、細胞に取り込まれた後、そのままの形で作用する場合だけでなく、酵素Aにより 5α -ジヒドロテストステロンとなって作用する場合、酵素Bにより雌性ホルモンである 17β -エストラジオールに変化して作用する場合がある。 5α -ジヒドロテストステロンはテストステロンから作られ、酵素Bの基質にはならない。

脳内の視床下部には、雄と雌とで形態的に違いの見られる領域がある。雄のラットでは、新生児のときに一時的に精巣からテストステロンの分泌が高まることにより、脳が雄型となることがわかっている。脳の性分化を調べるため②の実験を行った。

実験② 新生児のラットに関して雄から精巣を両側とも摘出すると、脳は雌型となる。雌の新生児や精巣を摘出した雄の新生児にテストステロンを投与すると雄型の脳となるが、 5α -ジヒドロテストステロンを投与した場合や、テストステロンと酵素Bの阻害剤を同時に投与した場合は、脳は雌型となる。

1. 雌の生殖輸管の形成において、胎児の卵巣は必要かどうか、①の実験をもとに説明せよ。
2. 胎児の精巣は、雄および雌の生殖輸管原基に対してどのような作用を持っていると考えられるか、①の実験をもとに説明せよ。
3. 5α -ジヒドロテストステロンは脳が雌型に分化するのに必要かどうか、②の実験をもとに説明せよ。
4. 雌の新生児や精巣を摘出した新生児に 17β -エストラジオールを投与すると、脳は雄型または雌型のいずれになると考えられるか、②の実験をもとに説明せよ。なお雌の新生児の卵巣からは雌性ホルモンは分泌されない。