

生 物 (問題用紙 1)

< 問題用紙は 4 枚ある >

< 漢字の生物用語は、原則として正しい漢字を用いて解答すること。 >

I.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

ヒトの培養がん細胞(HeLa細胞)を適切な条件で培養すると、細胞周期を繰り返しながら増殖を続ける。細胞周期は、間期と分裂期に大別される。増殖しているHeLa細胞を一つ一つに分離し、フローサイトメーターと呼ばれる分析機にかけて、個々の細胞のDNA量を測定した。下の図 A は、その結果を、細胞1個あたりのDNAの相対量と細胞数の関係として、グラフ(DNAヒストグラム)で表したものである。HeLa細胞を通常の条件で培養すると、ある時点における細胞周期の時期は一つ一つの細胞で異なるが、どの細胞も細胞周期が約16時間で一回転していた。

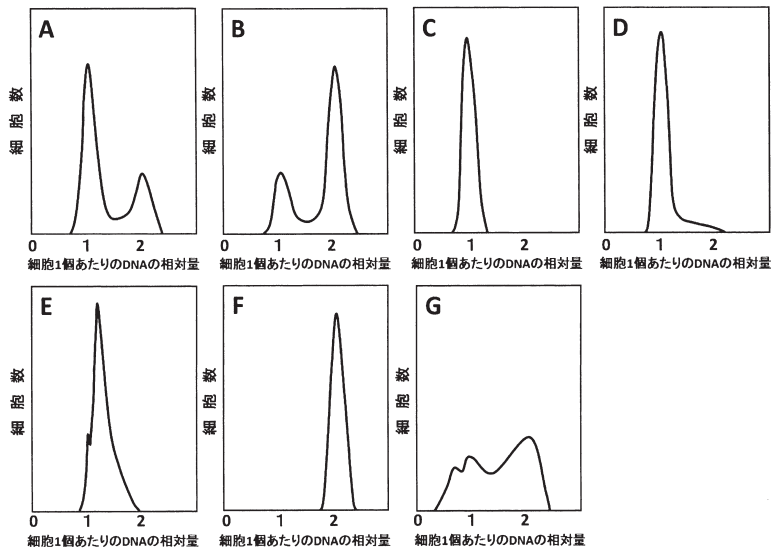
問 1. 細胞周期の分裂期は、さらに前期、中期、後期、終期に分けることができる。細胞に以下の(ア)～(オ)の変化が生じる時期は、それぞれ分裂期の何期か。解答欄に記入せよ。

- (ア) 染色体が凝縮して太く短くなる。
- (イ) 核膜が消失する。
- (ウ) 核膜が現れ始める。
- (エ) 各染色体は分かれ、両極に移動する。
- (オ) 紡錘体が完成し、各染色体が赤道面に並ぶ。

問 2. アフィジコリンという化合物は、DNAポリメラーゼを阻害する。適切な濃度のアフィジコリンを加えた培養液で、HeLa細胞を16時間培養後、アフィジコリンを含む培養液を洗い流し、新たにアフィジコリンを含まない培養液を加えて、さらに16時間培養した。この時、DNAヒストグラムはどのようになるか。図 A ～ G から最も適切なものを選び、記号で答えよ。

問 3. アフィジコリンとは異なる化合物 H が存在すると、紡錘糸を作るために集まった微小管が短くならない。HeLa細胞を培養している培養液に、化合物 H を加えて16時間培養したところ、DNAヒストグラムは図 F のようになった。この状態の細胞を顕微鏡で観察すると、どのように見えるか。25字以内で答えよ。

問 4. 化合物 H を加えたままさらに25時間培養すると、DNAヒストグラムは図 G のようになった。この時、細胞で生じていることを20字以内で答えよ。



生 物 (問題用紙 2)

II.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

神経組織は、神経細胞とそれを取り囲む [ア] 細胞などによって構成される。神経細胞は、核の存在する [イ] と、そこから長く伸びた1本の軸索、複雑に枝分かれしながら突き出している多数の [ウ] からなる。[ウ] には、アクチンが蓄積した [エ] と呼ばれる突出物が見られる。軸索は、それを包む [オ] の有無で、有髄神経繊維と無髄神経繊維とに区別される。軸索の末端は神経終末と呼ばれ、神経伝達物質を含む [カ] が多数存在する。神経終末は、[キ] をはさんで、他の神経細胞や筋細胞などに接している。神経細胞の興奮が神経終末に到達すると、神経終末から神経伝達物質が [キ] に放出される。放出された神経伝達物質は、シナプス後細胞に存在する神経伝達物質の受容体に結合し、作用を及ぼす。

運動神経が筋細胞と接する部分では、運動神経の神経終末から、神経伝達物質として [ク] が放出される。[ク] が筋細胞の受容体に結合すると、受容体自体がもつイオンチャネルが開く。イオンチャネルが開くと、細胞外から [ケ] イオンが細胞内に流入し、[コ] 性の膜電位変化が生じる。この電位変化は [サ] を越えるので、筋細胞に活動電位が発生する。このように、運動神経と筋細胞との間のシナプスは、興奮性シナプスである。

神経系には、抑制性シナプスも存在する。ある種の抑制性シナプスでは、神経伝達物質がシナプス後細胞の受容体に結合しイオンチャネルが開くと、細胞外から [シ] イオンが細胞内に流入し、[ス] 性の膜電位変化が生じる。一般に中枢神経系では、単一の神経細胞に興奮性シナプスと抑制性シナプスの両方が接続している。

問 1. 文章中の [ア] ~ [ス] に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問 2. [ア] 細胞の働きを一つ、10字以内で述べよ。

問 3. 有髄神経繊維における特徴的な興奮伝導を何と呼ぶか。

問 4. 伝達物質の結合により開くイオンチャネルを何と呼ぶか。

問 5. 下線部のような抑制性シナプスで作用する神経伝達物質を、一つ挙げよ。

問 6. 抑制性のシナプス伝達により生じる膜電位変化は、シナプス後細胞にどのような影響を及ぼすか。15字以内で説明せよ。

III.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

ヒトの血管系は [ア] と [イ] の間が [ウ] でつながれ、間に切れ目のない [エ] 血管系である。心臓から出た [ア] はしだいに枝分かれして細くなり、網目状の [ウ] につながる。[ウ] はしだいに集まって [イ] となり、さらに合流して心臓に戻る。全ての血管の最も内側は、[オ] 細胞と呼ばれる一層の扁平な細胞で埋めつくされており、[ア] と [イ] ではその周囲に筋肉の層があって、血液の流れを調節している。[ア] の枝から [ウ] に流れ込んだ血液の液体成分である [カ] は、その一部が [オ] からしみ出して周囲の細胞の間を流れる [キ] となり、酸素やグルコースなどの栄養分を細胞に運び、二酸化炭素や老廃物が溶け込んだ状態で [イ] 側に戻る。[キ] の一部は、細胞と細胞の間で閉じた管として始まり、しだいに合流していく [ク] に流れ込む。[ウ] から細胞間に出て [キ] となった液体成分のうち、[イ] 側に戻らず [ク] に入るものを [ケ] と呼ぶ。全身の [ク] は合流をくり返して胸管と呼ばれる太い管になり、[コ] [イ] に合流する。こうして、[ケ] は再び [カ] に戻る。これに対して、昆虫やエビなど無脊椎動物の血管系は [ウ] を持たず、[ア] の末端から出た血液は全身組織の細胞の間を流れ、心臓に相当する組織に戻る。これを [サ] 血管系という。[サ] 血管系では、血液・[キ]・[ケ] の区別はない。

ヒトの体内にも、部分的に [サ] 血管系の構造が認められる組織がある。一つは脾臓であり、もう一つは妊娠時に受精卵に由来する組織と母体に由来する組織によって構成される [シ] である。受精後数日目に子宮に達した胚は、子宮内膜に結合して [ス] する。この段階のヒトの胚は、将来胎児となる [セ] と、周囲をおおう [ソ] と呼ばれる細胞層とに分化している。[ソ] の細胞は厚くなった子宮側の組織にもぐり込み、[シ] の基となる組織を形成する。完成した [シ] では、[タ] を通って胎児と [シ] をつなぐ胎児側の [ア] が枝分かれして、ブドウの房のような [チ] と呼ばれる構造を形成し、[チ] の先端部の [ウ] 網を通った胎児側の血液は、[イ] に集まって [タ] を通り、胎児に戻る。一方、子宮の中で枝分かれした母体側の [ア] は、[チ] と [チ] の間に形成された [チ] 間腔と呼ばれる隙間に開き、母体血は激しいジェット噴流となって [チ] の周りを流れたのち、母体側の [イ] に戻る。この間に、母体血側の酸素や栄養素が胎児側の血液に取り込まれ、二酸化炭素や老廃物が母体側の血液に渡される。

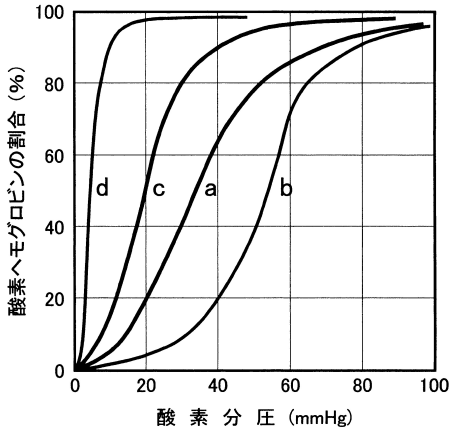
(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 3)

問 1. 文章中の [ア] ~ [チ] に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問 2. 右の図の a は、成人の赤血球に含まれるヘモグロビン分子の酸素解離曲線である。この曲線は、ヒトの [シ] における二酸化炭素分圧の条件で得られたものとする。[シ] は母体の子宮中に形成された組織であり、[シ] 組織における酸素分圧は30mmHgである。一方、[チ] 間腔に解放する直前の母体の [ア] 血における酸素ヘモグロビンの割合は、95%である。[チ] 間腔で酸素を放出する母体血中のヘモグロビンの割合はどれくらいか。次の選択肢から一つを選び、数値で答えよ。

20% 30% 40% 50% 55% 65%



問 3. [チ] に流れ込む直前の、胎児側の血液の酸素分圧は15mmHgである。もしも胎児の赤血球に含まれるヘモグロビンが成人のものと同じであるとすると、[シ] で酸素を取り込めるヘモグロビンの割合はどれくらいか。問2の選択肢から一つを選び、数値で答えよ。

問 4. 下線部を効率良く実現するため、実際には、胎児の赤血球に含まれるヘモグロビンは成人の赤血球に含まれるヘモグロビンとは異なっている。胎児の赤血球に含まれるヘモグロビンの酸素解離曲線は、どのようであればならないか。右上の図から選び、記号で答えよ。

問 5. 問4の答えとなる酸素解離曲線から、問2と問3の条件の下、実際に [シ] で酸素を取り込む胎児のヘモグロビンの割合はどのくらいか。問2の選択肢から一つを選び、数値で答えよ。

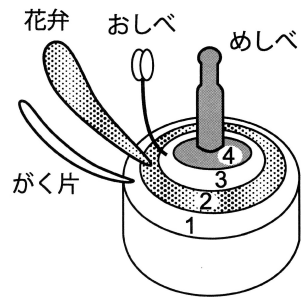
問 6. 酸素ヘモグロビンの割合が高い母体の [ア] 血をそのまま胎児に送り込むには、[シ] において母体の [ア] が胎児の [イ] に直接つながり、[タ] を通ってきた胎児側の [ア] が、母体の [イ] に直接つながる方が有利であると考えられる。[シ] を通じて母体の血液がそのまま胎児に流れ込むとどのような不都合が生じるか。母体の血液型がO型で、胎児の血液型がA型である場合を例に、[カ] 成分によって起こる反応と、血液の細胞成分によって起こる反応を、それぞれ50字以内で答えよ。

問 7. 実際には、母体の血液がそのまま胎児に流れ込むことはない。同様に、母体が感染した細菌やウイルスなどの微生物が、そのまま胎児に移行することも極めて少ない。このように、子宮内は病原微生物がいない環境であるにも関わらず、生まれた直後の新生児の血液を調べると、母体の血液と同じように多種類の病原微生物に対する抗体が検出される。それはどのようなしくみによると考えられるか。また、それにはどのような利点があるか。それぞれ75字以内で答えよ。

IV. 次の文章を読んで下の問いに答えよ。

アブラナの仲間にシロイヌナズナがある。形態形成についての研究を、飛躍的に発展させた植物である。日長を感知する器官である [ア] で作られたフロリゲンが、[イ] を通って [ウ] に運ばれることにより、花芽の形成が誘導されて花ができる。シロイヌナズナおよびイネを材料とした研究によって、フロリゲンの実体は、[エ] タンパク質であることが明らかにされた。

シロイヌナズナの花には、中心にめしべが1本、そのまわりにおしべが6本あり、おしべのまわりには白い花弁が4枚、そして花の一番外側には4枚のがく片がある。これを模式的に表したのが右の図である。図中の数字は、野生型においてがく片、花弁、おしべ、めしべの各花器官が作られる領域を表している。



(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 4)

花が作られるときに、各花器官の配置パターンがどのようにして決まるのかが、異常な花をつける突然変異体の研究によって明らかにされた。その際、種々の変異体の中から、ある花器官が別の花器官に置き換わるという特徴をもつ変異体に注目し、研究が進められた。その結果、表のようにA、B、Cの三つのクラスの遺伝子が、花芽の各領域にそれぞれ特異的に働くことにより、各花器官の配置パターンが決まることがわかった。これらの遺伝子は、いずれも調節遺伝子であり、それぞれ異なる調節タンパク質を合成することによって、花の形成に必要な他の遺伝子群の働きを制御している。

三つのクラスの遺伝子の中で、Aクラス遺伝子とCクラス遺伝子の間には、次のような関係がある。Aクラス遺伝子が働く領域ではCクラス遺伝子の発現が抑制され、これとは逆にCクラス遺伝子が働く領域ではAクラス遺伝子の発現が抑えられる。また、どちらか一方の遺伝子の働きが失われた場合には、抑制されていた遺伝子が発現するようになる。さらに、Cクラス遺伝子には次のような特別な働きがある。花の形成の過程では、各花器官の形成に必要な細胞が未分化な細胞の増殖によって供給される。しかし、めしべが作られるときに、Cクラス遺伝子の働きによってそれ以後の未分化な細胞の補充が行われなくなる。このようなCクラス遺伝子の働きにより、いつまでも未分化細胞を作り続けることはなく、めしべの完成とともに花の形成を終わる。

花器官	領域	遺伝子 (クラス)		
		A	B	C
めしべ	4			○
おしべ	3		○	○
花弁	2	○	○	
がく片	1	○		

注) 遺伝子の列の○印は、それぞれの遺伝子が働く領域を表している。

- 問 1. 文章中の ア ~ エ に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。
- 問 2. 下線部のような特徴をもつ変異体の原因となる遺伝子は、一般に何と呼ばれるか。
- 問 3. Aクラス遺伝子が働かない変異体では、どのような花が形成されるか。領域 1 ~ 4 のそれぞれに形成される花器官の名称を解答欄に答えよ。
- 問 4. Bクラス遺伝子が働かない変異体では、どのような花が形成されるか。領域 1 ~ 4 のそれぞれに形成される花器官の名称を解答欄に答えよ。
- 問 5. Cクラス遺伝子が働かない変異体では、どのような花が形成されるか。領域 1 から順に花器官の名称を挙げ、100字以内で説明せよ。

(以上)