

試験問題(記述式)—理 科(生物)

(注意) 解答はすべて別紙解答用紙の定められた欄に書くこと。

1 次の文章を読んで以下の設問に答えよ。

細胞といえば、細胞膜で包まれ、核を真ん中に各種の細胞小器官を携え、与えられた周囲環境の中で、その場に留まり、ひたすら化学反応をしているというイメージがあるのではないだろうか。もちろん、このイメージ通りの細胞群もあるが、白血球細胞のように自ら血管外へ遊走し、細胞外マトリックスの中をアメーバ運動し、パトロールしているかのような行動をとるものや、細胞同士がお互いに同種類であることを細胞間接触により確認し合い、集合して、一自治体のような機能性組織を作るものもある。また、古くなった細胞や細胞外マトリックスを自ら消化し、新しい細胞増殖と細胞外マトリックスを分泌する場合もある。発生過程ではもっと変化に富んでおり、細胞は次々と増殖と死が繰り返され、自身は分化してゆく。原始生殖細胞に至っては、ヒトの場合、卵黄嚢基部から自分の居場所を求めて、中腎近傍の生殖堤まで遊走してゆき、居場所が決まるとそこに性腺組織を誘導・構成することが分かっている。細胞は、一般にイメージされている以上に積極的で、活発に自ら行動しているのである。

近年、細胞にまつわる機能性タンパクが次々と同定され、それぞれのタンパクがもつ機能も検証され、このような細胞の‘積極的自発行動’のメカニズムが徐々に明らかとなってきた。その一つは接着因子と呼ばれるタンパクで、血管内を流れる白血球が血管外へ出てゆくために血管内皮に接着する様子が解析されている。また、細胞骨格といわれるタンパクも同定されており、神経細胞に見られる軸索流とよばれる細胞内物質運搬が、チューブリンという構造的細胞骨格と、物質を動かすキネシンと呼ばれる(ア)で行われていることがわかってきた。筋細胞は収縮性タンパクに眼が奪われがちだったが、実は、これら収縮性タンパク以上に収縮装置と細胞外マトリックスを連結させるタンパクが重要であることもわかってきた。これは骨格筋細胞だけでなく、平滑筋細胞や心筋細胞でも同様であった。また、過剰生産されたり、異常性を帯びてしまったタンパクにはユビキチンというマーカータンパクがつけられ、プロテオソームがこれを認識し、分解してしまう、ということもわかってきた。これとよく似たオートファジーという、古くなった自己タンパクや傷んだタンパクを自己融解する分子機構もわかってきた。これら機能性タンパクの構造や働きをシミュレーション・モデルとし、工学系においてもよい機能的ナノ・テクノロジーが本格的な幕開けとなってきた。

問1 文中の下線部(a)細胞小器官の一つである小胞体の働きについて述べよ。(60字以内)

問2 文中の下線部(b)に示されるような、遺伝情報にプログラム化された細胞の死を何と呼ぶか。

問3 文中の下線部(c)を促すタンパクのなかで、未分化の中胚葉性細胞群を血球や筋肉などの臓器へ誘導するタンパクは何か、名称で答えよ。

問4 文中の下線部(d)に示された細胞の軸索を途中で電気刺激すると興奮は両方向へ広がる。しかし、一般には神経の興奮は一方へしか伝導されない。この理由を説明せよ。(40字以内)

問5 文中の下線部(e)に関して、次の問に答えよ。

(1) 空欄(ア)内に入る適切な語句を記入し、文章を完成させよ。

(2) この(ア)に相当するタンパクの例として、キネシン以外のものを挙げよ。

問6 文中の下線部(f)の筋の収縮に必要なATPは、その細胞内にはほとんど蓄えがない。解糖系に先立って働くATP供給源は何か、物質名で答えよ。

問7 文中の下線部(g)に出てくる‘ナノ’とは、どのような大きさか、指数で表現せよ。

2 次の文章を読んで以下の設問に答えよ。

20世紀後半に始まったヒトゲノム解読への道は1865年にメンデルが遺伝の法則を発見した頃から始まるが、1953年にワトソンとクリックによりデオキシリボ核酸の二重らせん構造が提唱されて以来、分子生物学の発達が急速に進み、2000年にヒト21番染色体の塩基配列の解読が終了し、2003年のヒトゲノムの全塩基配列の解読へとつながった。その間、1971年にDNAの特定の箇所を切断する制限酵素の単離、1973年に遺伝子組換え技術の確立、1988年にDNA断片を大量に増幅するポリメラーゼ連鎖反応(PCR)法の発見があった。これら分子生物学的解析手法の発展により病気を分子レベルで理解できるようになり、疾患に共通の遺伝的変異が次々と明らかにされている。

鎌状赤血球貧血症はヘモグロビンβ鎖の第6番目のアミノ酸がグルタミン酸から(ア)に変化したことによって発症する。同様の遺伝子変異の原因で起こるフェニルケトン尿症は酵素の異常をきたし、フェニルアラニンが(イ)に変化できなくなる代謝の異常である。ある種の白血病は、第15番染色体に存在するA遺伝子の下流側と第17番染色体に存在するB遺伝子上流側が切断し、相互に交換して再結合する(ウ)が起こり、第15番染色体上にA-B融合遺伝子が形成される染色体変異が原因である。

様々な分子生物学的手法は人類へ多大な貢献をもたらしている。例えば、害虫に対して毒性をもつタンパク質を産生するトウモロコシを代表とする遺伝子組換え植物、成熟個体の乳腺上皮細胞の核を使って同じ遺伝情報を持つ(エ)動物、ある免疫グロブリンを作るリンパ球とがん化したリンパ球の2つの異なる細胞を合体させる(オ)技術、初期胚の細胞を使ってどのような細胞にも分化しうる(カ)細胞の取得、他の動物の遺伝子を導入した(キ)動物やもともと持っている遺伝子を破壊した(ク)動物、等が挙げられる。

これらの分子生物学的技術はヒトの遺伝子病に対する治療にも役立っている。遺伝子欠損症で発症するある種の重症免疫不全症では、リンパ球が減少することにより重篤な免疫不全を引き起こす。この患者に対し1990年に世界最初の遺伝子治療が行われた。患者血液からリンパ球を採取し、このリンパ球に欠損遺伝子を遺伝子導入することに成功し、患者に戻すことによって正常遺伝子が働いて免疫機能が回復した。ハンチントン病は1993年に第4番染色体に存在する原因遺伝子が突き止められた。17年たった今、この病気の複雑な発病メカニズムが徐々に明らかにされてきたが、未だ有効な治療法は見つかっていない。このように、診断から治療法の確立までには常にタイムラグが存在する。精度の高い遺伝子診断が可能となった今も、有効な治療法がないというジレンマに医学や社会がどう対応するか、が現在の問題である。これに対処するための医療体制の整備はわが国では十分だろうか。

問1 文中の(ア)と(イ)に入る語句を下記から選び、記号で答えよ。

(あ) ロイシン (い) バリン (う) チロシン (え) アラニン (お) アルギニン

問2 文中の(ウ)~(ク)に入る語句は何か。

問3 文中の下線部(a)で示すメンデルの法則に関連した5つの問いに答えよ。

- (1) メンデルの法則のうち、連鎖が成立しない法則は何か。
- (2) ショウジョウバエでは、翅の形(正常翅は優性遺伝子Aで、痕跡翅は劣性遺伝子aである)を支配する座と、体の色(正常色は優性遺伝子Bで、黒色は劣性遺伝子bである)を支配する座は、同一染色体上に位置する。完全に連鎖している場合、優性ホモのハエと劣性ホモのハエを交雑すると、雑種第一代(F₁)の表現型とその比率はどうなるか。F₂世代の表現型とその比率はどうなるか。(各々20字以内)
- (3) 不完全連鎖のとき、以下のことが起こる。次の文中の(ケ)~(シ)に入る語句は何か。
減数分裂の第一分裂前期で相同染色体が対合して(ケ)になったとき、染色体の一部がお互いに交差し、染色体が部分的に交換されることがある。これを(コ)と呼ぶ。両親には無い新しい組み合わせの対立遺伝子を持つ子が出来る。これを(サ)と呼ぶ。(サ)の起こる割合が小さいほど、連鎖している2つの遺伝子間の距離は(シ)。
- (4) ショウジョウバエの2つの遺伝子(A、B)が連鎖している。2つの遺伝子の(3)の(サ)の割合を調査するために、検定交雑を行ない、そのこどもの遺伝子型の割合がAB:Ab:aB:ab=965:206:185:944であった。これから(サ)の起こる割合は何パーセントになるか。小数点以下を四捨五入し、整数で表せ。また、(サ)の起こる割合は50%を越えないのはなぜか。(40字以内)
- (5) ショウジョウバエの3つの遺伝子(A、B、C)が連鎖している場合、優性遺伝子のホモ接合体(AABBCC)と劣性遺伝子のホモ接合体(aabbcc)のF₁に劣性遺伝子のホモ接合体を交雑した。F₂世代の表現型と個体数を以下に示す。染色体上の3つの遺伝子の位置関係はどのようになるか、図示せよ。また、このような検定交雑を何と呼ぶか。

表現型	ABC	ABc	AbC	Abc	aBC	aBc	abC	abc	合計
個体数	406	0	25	75	75	25	0	394	1000

- 問4 文中の下線部(b)で示すグルタミン酸から(A)への変化はDNAのどのような変化によるか、説明せよ。(20字以内)
 (A)に対応するコドンはGUU、GUC、GUA、GUGがある。正常ヘモグロビンβ鎖の第6番目のアミノ酸に対応するDNAの塩基配列はCTCである。また、この遺伝子変異を何と呼ぶか。
- 問5 文中の下線部(c)で示すフェニルケトン尿症には脳障害を起こすことが知られている。そのため、乳児期の治療には工夫がある。どんな工夫か、説明せよ。(30字以内)
- 問6 文中の下線部(d)で示すA-B融合遺伝子を証明するにはどのようにすればいいか。
 (1) PCR法での証明にはどのような工夫をすればいいか、説明せよ。(30字以内)
 また、証明の判定はどのようにすればいいか、説明せよ。(20字以内)
 (2) A遺伝子とB遺伝子に存在するDNAの一部にそれぞれ赤と緑の蛍光色素で標識した。それを用いて正常細胞と白血病細胞を染色し、蛍光顕微鏡で観察した。染色は蛍光色素を標識したDNAと細胞内のDNAのそれぞれを熱変性させ、1本鎖DNAにして行った。その結果は正常細胞と白血病細胞の核内にどのように観察されるか、図示せよ。ただし、赤色は○で、緑色は×で、黄色は△で示せ。
- 問7 文中の下線部(e)~(h)で示すものの利点と欠点を示した表の空欄を埋めよ。ただし、同様の解答は認めない。(各々10字以内)

	利点	欠点
(e)	農薬の削減	
(f)	生産性の向上	
(g)	再生医療への応用	
(h)	有用物質の大量生産	

- 問8 文中の下線部(i)で示す医療とはどのようなものがあるか、考察せよ。(20字以内)

3 次の文章を読んで以下の設問に答えよ。

オオムギの種子は、温度と水と大気中の（ア）濃度の環境条件が整うと休眠から覚め、胚から（イ）が放出され（ウ）にある細胞では（エ）の生成が始まる。（エ）の働きで（オ）に貯蔵されていた（カ）が糖になると、その糖を栄養源として胚は発芽の準備を進める。根は重力刺激に反応して伸長方向を変化させるとされてきたが、スペースシャトルの実験でこの考えは疑問視されるようになった。一方、茎は光刺激に反応して刺激源方向へ伸びてゆく。

また、植物は刺激の加わる向きと無関係に一定の運動を起こすこともある。その名の通り「月下美人」は夜になると花を咲かせ、ネムノキは日没とともに葉を閉じて日の出とともに葉を開く。ネムノキと同じマメ科のオジギソウは夜に葉を閉じる日周活動に加えて、日中には葉や葉柄への刺激に対して葉を折りたたみ葉柄を下垂させ、しばらくすると元に戻る接触性屈曲運動をする。動物のような筋肉を持たない植物が動く際の原動力としては細胞内膨圧の変化が挙げられている。それでは、どのようにして膨圧の変化が作り出されて、植物体の特定の場所に「目で見える動き」を作り出すのであろうか。オジギソウの観察を行い、関連する事項の文献を調べた。

オジギソウの観察で次のことが分かった。オジギソウの構造を図1に、主葉枕の縦断面を図2に、それぞれ示す。

- (A) オジギソウは小葉の基部に小葉枕、羽片の基部に副葉枕、葉柄の基部に主葉枕と呼ぶ筒状の膨らみを持つ。
- (B) 主葉枕では木部と師部が作る中心部の維管束を柔組織細胞がびっしり包んでいる。
- (C) 主葉枕の柔組織細胞は葉緑体と大きな液胞を持つ。
- (D) 葉を刺激すると小葉枕と主葉枕で屈曲が起こる。
- (E) 屈曲時の主葉枕には液胞を収縮させた柔組織細胞が多数認められる。
- (F) オジギソウの鉢を上下逆さまにして葉を刺激すると、動く方向に変わりはなく、葉柄は鉢方向に傾く。

オジギソウの動態について様々な事柄が報告されている。

- (G) オジギソウの葉に触ると、毎秒1~4 cmの速さで葉柄を伝わる活動電位が捉えられた。
- (H) 主葉枕の柔組織細胞内のアクチン線維が作る密な網目構造は屈曲運動時に変化する。
- (I) 柔組織細胞内のアクチン線維を構成するアミノ酸、チロシンの脱リン酸化を阻害すると屈曲運動は起きない。

オジギソウ以外の植物を使って様々な研究がなされている。

- (J) ハエトリソウやモウセンゴケの捕虫葉の運動細胞はオジギソウ柔組織細胞と同様な液胞を有する。
- (K) シロイヌナズナの孔辺細胞は体積を増している時に液胞も体積を増し、細胞の縮小時には液胞も縮小している。
- (L) 緑色蛍光タンパク質 (GFP) を用いた生細胞の観察でシロイヌナズナ孔辺細胞の液胞には構造維持と動態にアクチンが必須であることが分かった。

問1 文中の(ア)から(カ)に入る語句は何か。ただし、同じ記号には同じ語句が入ることとする。

問2 文中の下線部(a)で示される種子の休眠を維持させる植物ホルモンは何か。

問3 文中の下線部(b)で示される根の肥大化したものを食用とする野菜・根菜を2つ選び記号で答えよ。

(あ) サツマイモ (い) レンコン (う) ジャガイモ (え) ダイコン (お) タマネギ

問4 文中の下線部(b)で示される根にマメ科植物では根粒菌が共生する。窒素固定を行うのは根粒菌、土壌細菌の(キ)とアゾトバクター、さらに(ク)類の幾種かだけである。文中の(キ)と(ク)に適する語を答えよ。

問5 文中の下線部(c)で示される光刺激に反応して成長する性質を何と呼ぶか。

問6 文中の下線部(d)で示される夜になると花を咲かせる植物を2つ選び記号で答えよ。

(か) ヤマユリ (き) ホウセンカ (く) カラスウリ (け) マツヨイグサ (こ) グラジオラス

問7 文中の下線部(d)で示されるような花を訪れて受粉させる夜行性昆虫を1つ選び記号で答えよ。

(さ) モンシロチョウ (し) クマバチ (す) オオスカシバ (せ) スズメガ (そ) ミツバチ

問8 文中の下線部(e)で示されるマメ科には食用とするものが多い。豆の特性を成分表(100 g中の含有量)で示す。表中の(ケ)から(シ)に合致する豆類野菜の名称を選び記号で答えよ。

栄養素	(ケ)	(コ)	(サ)	(シ)
タンパク質 (g/100 g)	35.3	11.5	20.3	25.4
炭水化物 (g/100 g)	28.8	8.8	58.3	18.8
脂質 (g/100 g)	19.0	3.3	2.2	47.5
ビタミン C (mg/100 g)	0.0	30.0	0.0	0.0

[第5版 日本食品標準成分表 (科学技術庁資源調査会編)より]

(た) エダマメ (ち) アズキ (つ) ダイズ (て) ラッカセイ (と) サヤインゲン

問9 孔辺細胞が、文中の下線部(f)で示される状態にあるとき、植物はどのような機能をはたしているか2つ述べよ。
(各々5字以内)

問10 文中の下線部(g)で示される GFP の研究でノーベル賞を授与された日本人の氏名と、用いた生物名を答えよ。

問11 (A)から(F)の観察や(G)から(L)の今までに分かっている事柄と図1、図2に基づいて、手がオジギソウの葉に触れてから葉柄が下垂するまでの刺激伝達と主葉枕柔組織細胞の細胞骨格の変化のしくみについて推測せよ。(120字以内)

図1. オジギソウの構造

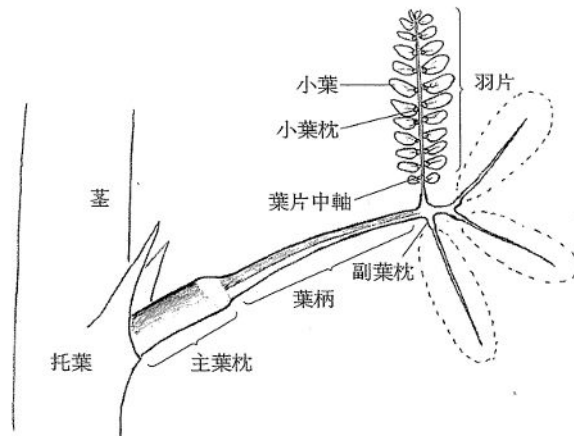
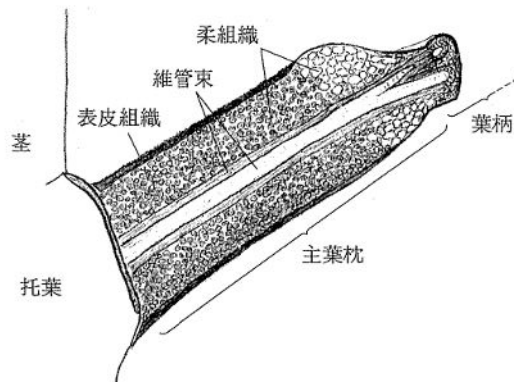


図2. 主葉枕の内部構造



4 次の文章を読んで以下の設問に答えよ。

花は種子植物の生殖器官である。そのおしべとめしべのそれぞれで 配偶子が作られる。被子植物では、花粉がめしべの柱頭に つくと、発芽して 胚珠 に向かって花粉管を伸ばす。花粉管は助細胞から出る花粉管誘引物質 LURE によって胚珠にたどりつくことが近年明らかにされた。花粉管の先端には花粉管核がある。雄原細胞は分裂して2個の精細胞となる。これらは花粉管を 通って胚のうに運ばれる。花粉管が胚のうに到達すると、2つの精細胞のうちのひとつは卵細胞と受精し、受精卵(2n)になる。もう一方の精細胞の核(精核)は中央細胞の2つの極核と合体して胚乳核(3n)となる。これを重複受精という。

ヒトは多くの植物と相互の関係を持ちながら生きているが、植物体だけでなく、花粉とも関わりを持ってきた。花粉症は、そのひとつで、植物の花粉が原因となって、くしゃみ、鼻水、目の炎症などの(ア)症状をひき起こす病気である。日本では近年、スギやヒノキの花粉症が多い。花粉が鼻に吸入されると、花粉はヒトにとって異物なので、ヒトの体では身体を防御するために免疫反応が起こる。免疫反応の役目は、まず、体の中に入ってきた細菌やウイルスなどの異物を、自己とは違うものとして見分け、排除することである。これらの異物が次に体内に入ってきたときに迅速に対応できるように、その異物を記憶しておく。このような異物は(イ)と呼ばれる。また、(イ)と結びついて(イ)を排除する物質が(ウ)である。

血液中の(エ)リンパ球は花粉を(イ)と認識して、それにあった(ウ)を他のリンパ球に作らせる。この生産された(ウ)は、肥満細胞の表面に付き、次に同じ(イ)が来た時にいつでも働けるような状態になる。次に(イ)が来ると、(イ)は肥満細胞の持っている(ウ)に付き、肥満細胞がさまざまな炎症を起こす化学伝達物質を放出する。このような免疫反応は、ヒトの体にとって、非常に重要なものである。しかし、花粉症などの(ア)反応では異物に対して反応が過剰になり、身体にあまり害がないのに過剰な反応を起こしてしまうのである。

1992年に富山県で、花粉をつくらぬ無花粉スギが発見された。このスギはメンデルの優性の法則に従って生まれることが分かった。スギ花粉症を解決するために、無花粉スギの種子を採取して増やすことができれば、有効な対策となると考えられる。無花粉スギを増やす選択枝としては、種子から育てる方法のほかに挿し木で増やす方法がある。

問1 文章中の空欄(ア)～(エ)に適語を入れて完成させよ。ただし、同じ記号には同じ語が入る。

問2 下線部(a)の配偶子とは、被子植物では具体的にどのような細胞のことか。本文中の語句から選び、漢字で2種類答えよ。

問3 下線部(b)の被子植物の花粉は動物の精子のように単細胞なのか、それとも多細胞とみなすことができるか。解答欄の「単細胞とみなせる」、「多細胞とみなせる」のどちらか一方を丸で囲み、その理由を記せ。(20字以内)

問4 下線部(c)の胚珠、下線部(d)の胚のうを用いて被子植物と裸子植物の違いを説明せよ。胚珠と胚のうの2語に下線を附して示すこと。(80字以内)

問5 下線部(e)のような機構は裸子植物では「起こる」か、「起こらない」か。解答欄の正しい方を丸で囲み、その理由を記せ。(20字以内)

問6 下線部(f)のスギやヒノキは被子植物と裸子植物のどちらに分類されるか。それぞれ漢字で答えよ。

問7 下線部(f)のスギの花粉の大きさはどのくらいか。最も適当と思われる答えをつぎの(あ)～(お)から1つ選べ。

(あ) 0.03～0.04 μm (い) 0.3～0.4 μm (う) 3～4 μm (え) 30～40 μm (お) 300～400 μm

問8 下線部(f)の花粉症はスギやヒノキばかりでなく、いろいろな植物の花粉でおこる。8月から9月にかけて受粉する被子植物で花粉症の要因として北米でよく知られている植物は何か。(カタカナ4文字)

問9 下線部(f)のスギの花粉症を生じさせるスギの花粉が関東地方で多く飛散するのは何月ごろか。例にならって示せ。

例：10-12月

問10 下線部(g)の、具体策として、ある組み合わせの交配を行うと花粉を作らない遺伝子型 aa をもつ無花粉スギの個体を、理論的には、50%の割合で作出すことができると考えられる。どのような交配を行ったらよいか。(30字以内)

問11 下線部(h)に関して、山林を育て、維持するためには、種子から育てる方法が望ましいと考えられている。その理由を述べよ。解答の中に、必ず「クローン」、「多様化」の2語を含め、これらに下線を附して示すこと。(80字以内)

一連番号	
------	--

「注意」

防衛医科大学校医学科第38期学生採用第1次試験

正 誤 表

〔記述式—理科(生物)〕

該当箇所	試験問題 4頁 3 問8の設問文章 1行目 及び 2行目	
修正内容	誤	1行目 : <u>豆</u> の特性 ~ 2行目 : <u>豆類野菜</u> の名称 ~
	正	1行目 : <u>豆・豆類野菜</u> の特性 ~ 2行目 : <u>豆・豆類野菜</u> の名称 ~

一連番号	
------	--

「注意」

防衛医科大学校医学科第38期学生採用第1次試験

正 誤 表

〔記述式—理科(生物)〕

該当箇所	試験問題 5頁 図1 図中の名称	
修正内容	誤	葉片中軸 =
	正	羽片中軸 =

※ 「ようへんちゅうじく」を「うへんちゅうじく」に訂正して下さい。