九州大学

2019 年度　前期日程　生物

1 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

C_3 植物，C_4 植物および CAM 植物は CO_2 を固定する様式が異なる。

C_3 植物では，葉内に取り込まれた CO_2 はリブロースビスリン酸カルボキシラーゼ／オキシゲナーゼ（ルビスコ）という酵素によりリブロースビスリン酸（RuBP）と反応して C_3 化合物である〔 ア 〕を生成し，カルビン・ベンソン回路に入る。ルビスコは RuBP に O_2 を結合させる反応も触媒する。大気中に置かれた植物体ではルビスコの CO_2 固定反応は O_2 により大きく阻害されている。①ルビスコの CO_2 固定反応が O_2 により阻害されるのは，CO_2 と O_2 との間でルビスコの同じ活性部位の奪い合いが起こるためである。カルビン・ベンソン回路を動かすために必要な ATP と NADPH は葉緑体の〔 イ 〕膜で起こる反応により合成されたものである。

C_4 植物では，CO_2 は葉内の〔 ウ 〕細胞において C_3 化合物であるホスホエノールピルビン酸と結合して C_4 化合物の〔 エ 〕となる。〔 エ 〕は速やかにリンゴ酸に変換され，〔 オ 〕細胞へ運ばれる。〔 オ 〕細胞では，リンゴ酸は CO_2 とピルビン酸に分解され，CO_2 はカルビン・ベンソン回路により再固定される。ピルビン酸は〔 ウ 〕細胞に戻され，② ATP を使ってホスホエノールピルビン酸となる。この回路を C_4 回路という。③ C_4 植物は C_4 回路を持つため，大気中に置かれた植物体においてルビスコの CO_2 固定反応は O_2 による阻害をほとんど受けない。

CAM 植物では，夜間，CO_2 はホスホエノールピルビン酸と結合して〔 エ 〕となる。〔 エ 〕はリンゴ酸に変換された後，〔 ウ 〕細胞の〔 カ 〕に蓄積される。夜が明けるとリンゴ酸より CO_2 が取り出され，カルビン・ベンソン回路により再固定される。このような光合成を行うため，④ CAM 植物は C_4 植物よりも光合成にともなう水分損失を抑えることができる。

問 1. 文章中の〔 ア 〕～〔 カ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

問 2. 下線部①について，このような阻害を何というか答えなさい。

問 3. 下線部②に関して，C_4 回路を動かすために必要な ATP は光エネルギーに依存して合成されたものである。この ATP の合成反応を何というか答えなさい。

問 4. 下線部③の理由となるルビスコ近傍のガス環境を 20 字以内で説明しなさい。

問 5. 下線部④の理由について，C_4 植物と CAM 植物の昼間および夜間における気孔の開閉を含め，「蒸散量」という語句を用いて 120 字以内で説明しなさい。

2 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

われわれを取り巻く環境には，病原体や花粉などの異物が数多く存在している。したがって，これら異物の体内への侵入を阻止し，さらに，いったん侵入してしまった異物を排除することが体内環境の維持に必要であり，これには免疫という生体防御システムが働いている。

免疫には，①自然免疫と獲得免疫が存在する。体内に異物が侵入した場合，まず自然免疫が働き，その後で獲得免疫が機能する。自然免疫では食細胞が働き，食作用などによって異物が排除される。獲得免疫ではリンパ球が働き，体内に侵入した異物を排除する。この異物を抗原という。獲得免疫は〔 ア 〕と〔 イ 〕に分けられる。前者では，体内に侵入した抗原が樹状細胞などの食細胞に取り込まれて分解され，さらに，抗原の一部が細胞表面に移動して細胞外に提示される。②提示された抗原は〔 ウ 〕細胞によって認識され，この〔 ウ 〕細胞が抗原に対応した B 細胞を活性化する。活性化した B 細胞は抗体産生細胞となって抗体を産生する。後者では，抗原を認識した〔 ウ 〕細胞によって〔 エ 〕細胞が活性化され，ウイルスに感染した細胞などを直接攻撃する。

このような免疫反応は適切に制御される必要があり，過剰な反応や機能低下はさまざまな病気を引き起こす。免疫反応が過剰になって生体にとって不都合な状態をもたらすことを③アレルギーという。一方，免疫が低下すると，通常では問題とならないレベルの病原体によっても発病することがあり，これを〔 オ 〕という。

また，免疫では自己と非自己の認識が非常に重要である。例えば，④臓器移植のケースでは，移植を受けた患者の〔 ウ 〕細胞が移植された臓器を異物と認識し，〔 エ 〕細胞が移植臓器を攻撃する。また，自己の細胞が何らかの理由によって異物と認識されたことによって起こる疾患を〔 カ 〕と呼ぶ。このとき，標的となった組織や臓器には慢性的な炎症が起こり，リンパ球や食細胞が浸潤して組織が破壊される。

問 1. 文章中の〔 ア 〕〜〔 カ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

問 2. 下線部①と②について下記の問いに答えなさい。

(1) 病原体を取り込んだ食細胞から産生され，細胞の増殖や分化，炎症などの反応を誘導するタンパク質の総称を答えなさい。

(2) 食細胞の細胞膜に存在し，細菌やウイルスなどの病原体に特有の抗原を認識する受容体の名称を答えなさい。

(3) 病原体（抗原）は無数に存在するのに対して，1 つの B 細胞は 1 種類の抗体しか作らない。したがって，われわれの体の中には，多種多様な病原体に対応した抗体を作る B 細胞が準備されている。この仕組みについて，「遺伝子」という語句を用いて 80 字以内で説明しなさい。

(4) 獲得免疫では同じ抗原が再度侵入した場合，1 回目の免疫応答よりも速やかに強い反応が起こる。この仕組みを何というか，適切な語句を答えなさい。

問 3. 下線部③について，以下の文章中の〔 キ 〕と〔 ク 〕に入る適切な語句を答えなさい。

花粉症では，鼻の粘膜に付着した花粉から流出したタンパク質に対する抗体がつくられる。抗体は粘膜周囲に存在する〔 キ 〕細胞の表面に結合する。再度，花粉が侵入し，花粉由来のタンパク質が〔 キ 〕細胞表面の抗体に結合すると抗原抗体反応が起き，〔 キ 〕細胞から〔 ク 〕という物質が放出されアレルギー症状が起こる。

問 4. 下線部④について下記の問いに答えなさい。

(1) 細胞の表面に存在して自己と非自己の認識に関わるタンパク質について，ヒトでは何と呼ばれるのか，その名称を答えなさい。

(2) 問 4 の (1) のタンパク質を認識する受容体の名称を答えなさい。

3 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

多くの動物では，始原生殖細胞から減数分裂を経て配偶子である精子，および卵が作られる。精子と卵が融合して受精卵となると活発な細胞分裂が起き，増殖した細胞がさまざまな器官に分化して体が作られる。

始原生殖細胞に由来する母細胞が減数分裂する際，まず DNA が複製される。複製された一対の染色体は紡錘糸が結合する〔 ア 〕部分で結合する。第一分裂では，このような染色体の相同なもの同士が，さらに結合した〔 イ 〕となる。〔 イ 〕では相同染色体間で染色体の一部が入れ替わった〔 ウ 〕が起こる場合がある。この後，相同染色体の一方ずつを持つ 2 つの細胞が生じる。第二分裂では，分配された各染色体の〔 ア 〕部分の結合が分離してさらに 2 つの細胞が生じる。〔 ウ 〕を考慮せず，減数分裂の染色体の分配だけを考えた場合，例えば 10 本の染色体をもつ母細胞に由来する配偶子では，その染色体の組合せは〔 エ 〕通りになる。しかし，実際には〔 ウ 〕によってそれぞれの染色体上の遺伝子間で〔 オ 〕が生じ，より大きな遺伝情報の多様性を導くことになる。

細胞の増殖や分化の研究では，動物の体から分離した細胞を人工的な環境で増殖できるようにした培養細胞がしばしば用いられる。①適切な培地を入れたシャーレ中で，24 時間に 1 回分裂しているヒト由来の培養細胞がある。この細胞を入れたシャーレの培地に，チミンの類似体を持つヌクレオチドの元になる物質（以下，類似物質と

呼ぶ）を添加し，以下の実験を行った。この類似物質は細胞内に運ばれヌクレオチドに変換され，チミンを持つヌクレオチドと同様に DNA に取り込まれる。この DNA は特別な処理によって蛍光を観察できる蛍光顕微鏡で検出することができる。添加した類似物質が細胞内に入り DNA に取り込まれるのに必要な時間は無視でき，ゲノム DNA に偏りなく取り込まれるものとする。また，この実験の間に細胞は死ぬことはなく一定の速度で増殖し，いったん合成された DNA は分解することなく維持されるものとする。

実験 1：類似物質を培地に加え 1 時間細胞に取り込ませた後，細胞の DNA を全て染色して顕微鏡で観察した。その結果，② 12.5% の細胞において分裂期の染色体が見えた。同じ試料に特別な処理をして蛍光顕微鏡を用いて観察すると，③類似物質が発する蛍光を出す核を持つ細胞が見られた。

実験 2：別の実験で，類似物質を培地に加え 3 時間細胞に取り込ませた後，培地を洗い流し，新たに類似物質を含まない培地を加えてさらに 10 時間培養を続けた。実験 1 と同様に蛍光顕微鏡を用いて観察すると，④蛍光を出す分裂中期の染色体が見つかった。

実験 3：実験 2 の 10 時間の培養後，さらに 24 時間培養を続けた。そして実験 2 と同様に蛍光顕微鏡を用いて蛍光を出している分裂中期の染色体を観察した。

問 1. 文章中の〔 ア 〕〜〔 オ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

問 2. 下線部①の培養細胞 1 個あたりの DNA 含量の時間変化は前ページの図 1 のようになる。

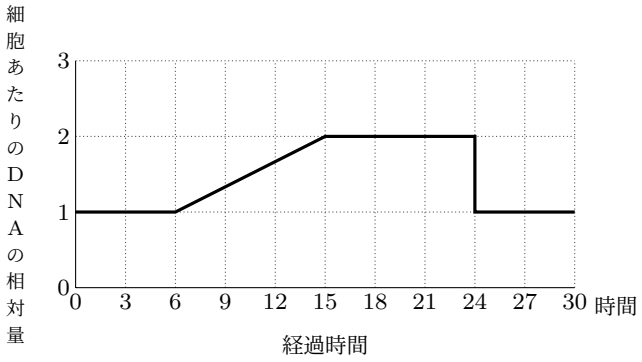


図 1

(1) 下線部②の分裂期の細胞は図 1 のどの時間帯に相当するか，表 1 の (a)〜(t) の時間帯から適切なものを 1 つ選びなさい。

表 1

(a)	0–6	時間	(f)	6–24	時間	(k)	15–21	時間	(p)	21–24	時間
(b)	0–15	時間	(g)	12–18	時間	(l)	15–24	時間	(q)	21–27	時間
(c)	0–24	時間	(h)	12–21	時間	(m)	18–21	時間	(r)	21–30	時間
(d)	6–15	時間	(i)	12–24	時間	(n)	18–24	時間	(s)	24–27	時間
(e)	6–18	時間	(j)	15–18	時間	(o)	18–27	時間	(t)	24–30	時間

(2) 下線部③の蛍光を出す核を持つ細胞が類似物質を DNA に取り込んだのは，図 1 ではどの時間帯に相当する

か，表 1 の (a)〜(t) の時間帯から適切なものを 1 つ選びなさい。

問 3. 以下の文章は下線部④の分裂中期の染色体について説明したものである。

活発に増殖している細胞では，〔 カ 〕の各過程が進行している。この中で〔 キ 〕期の細胞では個々の染色体は 1 本の 2 本鎖 DNA で構成される。実験 2 で類似物質を含むヌクレオチドが DNA に取り込まれるのは，次の過程に進んだ細胞が各染色体の DNA を鋳型として新たな DNA 鎖を合成して 2 本の 2 本鎖 DNA となる段階である。この細胞を培養し続けると，次の〔 ク 〕期となり一定時間後には分裂期に移る。分裂中期では染色体は 2 本ずつ図 2 の A のように結合して並ぶ特有な構造をとる。実験 2 の蛍光を出す分裂中期の染色体はこの状態を観察したものである。分裂過程が進行すると，2 本ずつ並んだ染色体は細胞の〔 ケ 〕に整列しそれぞれが 2 個の娘細胞に分配される。この娘細胞の個々の染色体は，［ X ］2 本鎖の DNA で構成されている。実験 3 では，娘細胞は次の 24 時間の培養の間に通常の培地中で 2 回目の DNA 合成を行う。実験 3 の分裂中期染色体はこの過程を経た後の 2 本の DNA で構成される。

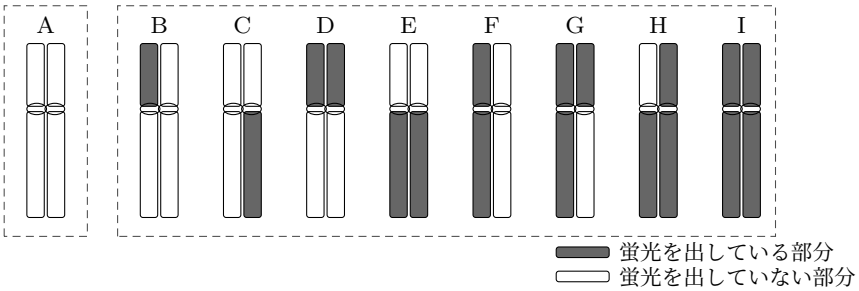


図 2

(1) 文中の〔 カ 〕〜〔 ケ 〕に入る適切な語句を答えなさい。

(2) ［ X ］に入る適切な内容を，下の (a)〜(d) から 1 つ選びなさい。

(a) どちらの DNA 鎖も類似物質が取り込まれていない

(b) 片側の DNA 鎖だけに類似物質が取り込まれた

(c) 両方の DNA 鎖のお互いに違った部分に類似物質が取り込まれた

(d) 両方の DNA 鎖全体に類似物質が取り込まれた

(3) 実験 2 の蛍光を出す染色体像では，図 2 の A の分裂中期の染色体のどの部分が蛍光を出しているか，図 2 の B〜I の中から適切なものを 1 つ選びなさい。

(4) 実験 3 の蛍光を出す染色体像では，図 2 の A の分裂中期の染色体のどの部分が蛍光を出しているか，図 2 の B〜I の中から適切なものを 1 つ選びなさい。

(5) 以上の結果から説明される DNA 複製の特徴を示す語句を答えなさい。

4 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

真核生物では，遺伝子情報をもとにタンパク質が合成される過程は，DNA の情報を RNA に写し取る転写の過程，転写直後の RNA の不要部分を切除し，つなぎ合わせて mRNA にする〔 ア 〕の過程，mRNA の塩基配列をもとにしてタンパク質を合成する〔 イ 〕の過程に分けられる。真核生物の転写では，プロモーター以外に転写調節にかかわる DNA 領域があり，この領域を転写調節領域という。また，真核生物の転写には基本転写因子が

必要である。基本転写因子は，転写の開始を助ける働きがある。①プロモーター，転写調節領域，調節タンパク質，基本転写因子，RNA ポリメラーゼが複合体を形成することで，DNA を鋳型として転写が開始され mRNA が作られる。DNA 複製の開始は〔 ウ 〕となる RNA を必要とするが，転写は〔 ウ 〕を必要としない。なお，②mRNA は，〔 イ 〕に使われた後に分解される。

また，DNA に含まれる糖は〔 エ 〕であり，RNA に含まれる糖は〔 オ 〕である。DNA を構成する塩基は〔 カ 〕の 4 種類であり，RNA を構成する塩基は〔 キ 〕の 4 種類である。

問 1. 文章中の〔 ア 〕〜〔 キ 〕に入る適切な語句を答えなさい。なお，〔 カ 〕と〔 キ 〕は略号でもよい。

問 2. 図 1 は転写開始直後の DNA とタンパク質の複合体を表した模式図である。図の (1)〜(5) は，下線部①のどれに相当するか答えなさい。

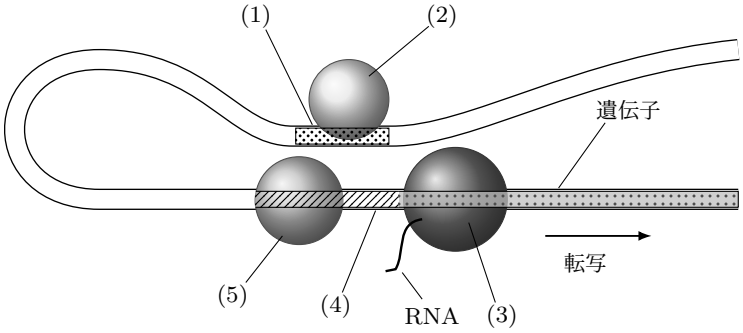


図 1

問 3. 次の文章は下線部②に関連する実験である。文章を読み，問いに答えなさい。

ある細胞で発現しているタンパク質 X の mRNA について以下の実験を行った。細胞を 2 つのグループに分け，そのうちの 1 つのグループの培地には化合物 Y を加えてそれぞれのグループを培養した。経時的に細胞の RNA を抽出し，タンパク質 X の mRNA 量を測定した。その結果，化合物 Y を加えていないグループでは図 2 の曲線 A が得られた。一方，③化合物 Y を加えて培養したグループでは，曲線 B が得られた。なお，化合物 Y は mRNA の分解には関与しないものとする。

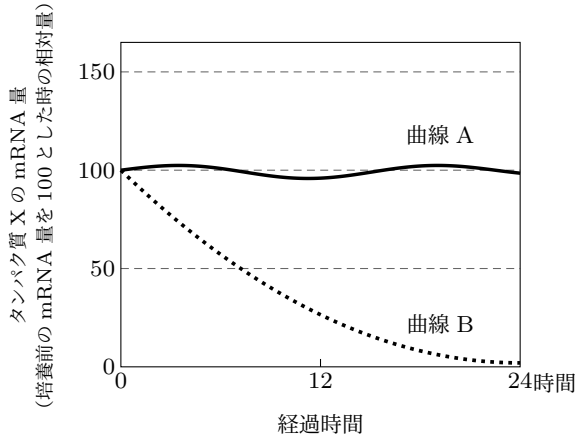


図 2

(1) 下線部③について，この実験結果から化合物 Y はどのような作用を持つと考えられるか，30 字以内で述べなさい。

(2) 曲線 A と曲線 B の比較から，化合物 Y を加えずに培養した時のタンパク質 X の mRNA の合成と分解の関係について，30 字以内で述べなさい。

5 次の文章を読み，以下の問いに答えなさい。

生物多様性が損なわれると，われわれは生態系サービスを失うことになりかねない。そのため，各生物の集団を維持して生態系を保全する必要がある。ある地域が開発され，ある生物種の生息地が分断されると，1 つの生息地にすむ生物種の個体数が少なくなる。さらに，分断された生息地の間を生物が移動できないと，①集団が絶滅する確率は高くなる。

生物多様性をおびやかす存在として，本来は生息していなかった地域に人為的に持ち込まれて定着した〔 ア 〕があげられる。例えば，ハブを駆除するために沖縄本島や奄美大島に導入されたフイリマングースは，ハブをほとんど捕食せず，ヤンバルクイナやアマミノクロウサギなど，島に固有の生物を捕食して生存をおびやかしている。捕食以外に，在来種と〔 イ 〕が重なる〔 ア 〕は資源を巡る競争などの結果，在来種を減少あるいは絶滅させる可能性がある。〔 イ 〕とは，資源をどのように利用するかなど，各生物が生物群集内で占める位置を意味する。また，②在来種の集団と他の地域から人為的に持ち込まれた〔 ア 〕の集団が交雑する事例も報告されている。例えば，下北半島では飼育されていたタイワンザルが野生化して在来のニホンザルと交雑し，繁殖可能な雑種が生じていた。

日本を含むアジア原産の生物が他の地域に持ち込まれて定着し，害を及ぼしている例もある。例えば，〔 ウ 〕は日本では秋の七草の 1 種として知られるが，つるが他の物に巻きつき繁茂することによりアメリカ合衆国では有害な植物とされている。

問 1. 文章中の〔 ア 〕と〔 イ 〕に入る適切な語句を記入しなさい。

問 2. 文章中の〔 ウ 〕に入る植物の名前を以下の (a)〜(g) から選びなさい。
(a) ハギ　(b) ススキ　(c) クズ　(d) ナデシコ　(e) オミナエシ　(f) フジバカマ　(g) キキョウ

問 3. 下線部①の原因の 1 つとして，近親個体間の交配の結果，各種耐性の低下などが生じる近交弱勢が考えられる。近交弱勢の影響が強まると一般に個体の生存率は低下する。「有害遺伝子」および「劣性形質」という 2 つの語句を用いて 70 字以内で近交弱勢の起きるしくみについて説明しなさい。

問 4. 下線部②の交雑が起きることにより，在来種保全の観点から懸念されることについて 40 字以内で説明しなさい。