生　　物　（その１）

第１問　光合成に関する次の文を読み，以下の各問いに答えよ。

緑色植物は，光のエネルギーを利用して CO_2 を固定し，糖をはじめとする有機物をつくることができる。この過程は大きく２つの段階に分けられる。第一段階では，葉緑体のチラコイド膜にある (1) 光化学系 I と II が光を吸収して，H_2O から電子を引き抜き，この電子を順次伝達しながら，ストロマからチラコイド内腔に H^+ を輸送する。電子は最終的に補酵素の $NADP^+$ に渡され，NADPH が生じる。また，(2) チラコイド内腔に蓄えられた H^+ がストロマへ移動するときに，これと共役して ADP から ATP が合成される。第二段階では，NADPH の還元力と ATP のエネルギーを用いてストロマのカルビン・ベンソン回路で CO_2 が固定されて炭水化物がつくられる。

多くの陸上植物が行うこの回路の最初の反応は，C_5 化合物のリブロースビスリン酸（RuBP）に CO_2 を固定するカルボキシラーゼ反応で，生成された C_6 化合物は即座に分解されて２分子の C_3 化合物を生じる。この反応は RuBP カルボキシラーゼ / オキシゲナーゼ（ルビスコ）が触媒する。最初の産物が C_3 化合物であることから，このような反応を行う植物は C_3 植物とよばれる。一方，ルビスコは同一の活性部位で RuBP に O_2 を添加する反応も触媒してしまう。(3) このオキシゲナーゼ反応で生成される産物は植物にとって有害なので，C_3 植物はエネルギーを使ってこれを除去する。この過程では，O_2 の取り込みと CO_2 の放出が起こる。

このようなエネルギーの損失を防ぐために熱帯地方で進化したと考えられるのが C_4 植物である。C_4 植物では，いったん CO_2 は C_3 化合物に固定され C_4 化合物がつくられる。この反応を触媒する酵素はルビスコよりも CO_2 を固定する効率が高く，CO_2 濃度が低くてもすばやくこれを固定できる。C_4 化合物は，葉肉細胞から維管束鞘細胞に運ばれ，脱炭酸反応によって CO_2 を放出し，再び葉肉細胞に戻る（C_4 回路）。(4) C_4 回路が回ると維管束鞘細胞内に CO_2 が濃縮される。そのため，ルビスコのカルボキシラーゼ反応が促進されるとともにオキシゲナーゼ反応が抑制され，CO_2 固定の効率が上がる。

乾燥地域に生息する植物では，また別のしくみが確立された。(5) 夜間に気孔を開いて CO_2 を取り込み，C_4 化合物として葉肉細胞の細胞小器官に蓄えておく。そして，昼間に C_4 化合物を分解して CO_2 を取り出し，光合成を行う。このように時間をずらして光合成を行っている植物は，研究対象になった植物名から CAM 植物とよばれる。

生　物　（その２）

問１　下線部（１）について，

ⅰ）光化学系Ⅰと光化学系Ⅱにおいて光を受けたあとの光合成色素の還元力の強さを，それぞれXとYとする。また，NADPHの還元力の強さをZとする。X, Y, Zを比較した場合，次の ① ～ ⑥ から最も適当なものを１つ選び，番号で記せ。

① XはYとZより大きい。
② YはXとZより大きい。
③ ZはXとYより大きい。
④ XはYより大きいが，Zより小さい。
⑤ YはXより大きいが，Zより小さい。
⑥ ZはXより大きいが，Yより小さい。

ⅱ）チラコイド内腔の H^+ の濃度が高くなる要因には，電子伝達による運搬以外にどのようなものがあるか，簡潔に記せ。

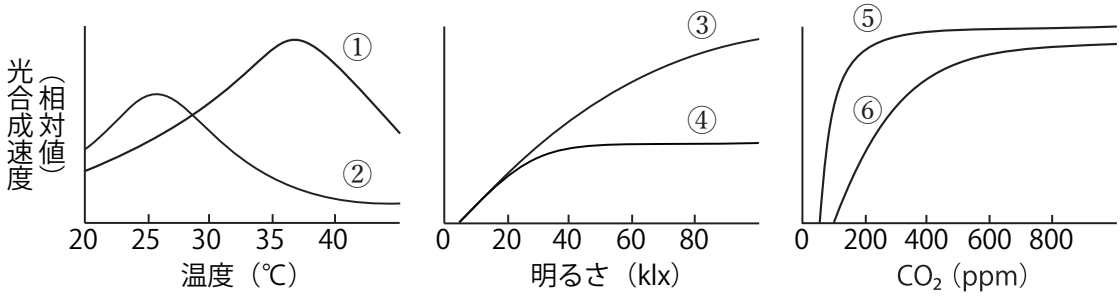
ⅲ）チラコイド内腔とストロマの H^+ の濃度差は約千倍になる。ストロマのpHが8であるとすると，チラコイド内腔のpHはどれくらいか。数値を整数で記せ。

問２　下線部（２）について，このようなATP合成のことを何とよぶか，名称を記せ。

問３　下線部（３）について，この過程を何とよぶか，名称を記せ。

問４　図１の３つのグラフは，それぞれ C_3 植物と C_4 植物における光合成速度と，温度，明るさ，および CO_2 濃度との関係を示したものである。① ～ ⑥ の曲線のうち，C_4 植物のグラフとして適当なものを３つ選び，番号で記せ。

図１



生　　物　（その３）

問５　下線部（４）について，C_4 植物には，維管束鞘細胞の葉緑体のチラコイド膜に光化学系 II がないものがある。光化学系 II がないことは，ルビスコによる CO_2 の固定にどのような効果があるか，簡潔に記せ。

問６　下線部（５）について，

ⅰ）CAM 植物が夜間につくった C_4 化合物を蓄えている細胞小器官は何か，名称を記せ。

ⅱ）CAM 植物が光化学反応のできない夜間に CO_2 を取り込むのはなぜか，簡潔に記せ。

問７　C_3 植物（a），CAM 植物（b）に属するものはそれぞれどれか。次の ① ～ ⑥ から適当なものを２つずつ選び，番号で記せ。

① イネ　　② ベンケイソウ　　③ コムギ

④ サトウキビ　　⑤ トウモロコシ　　⑥ サボテン

生　　物　（その４）

第２問　物質生産に関する次の文を読み，以下の各問いに答えよ。

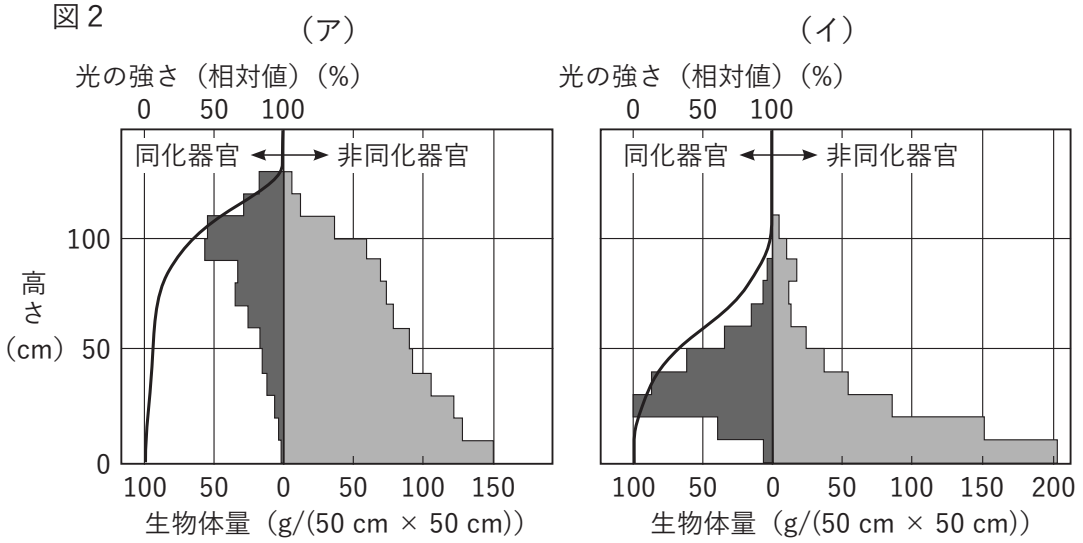
生態系を構成している生物は，無機物から有機物を合成する生産者と，有機物を取り込んで栄養源にする消費者に分けられる。消費者のうち，植物を食べる植物食性動物を一次消費者，植物食性動物を食べる動物食性動物を二次消費者という。また，有機物を無機物に分解する過程に関わる生物を分解者という。生産者が有機物を合成することや，消費者が摂食した有機物から新たに有機物を合成することを物質生産という。

植物の物質生産は，おもに同化器官である葉で行われる。光合成のエネルギー源は光なので，植物は受光面積を広げるためにできるだけ多くの葉をつける必要がある。しかし，多くの葉をつけることによって下方には十分な光が当たらなくなるため，同化器官である葉をどのように展開するかはその植物にとって重要である。(1) ある草本植物群集について，一定区画内の植物を等間隔の高さに分けて層別に刈り取り，各層ごとに同化器官と非同化器官の重量を測定した結果を，光の強さとともに図２に示す。

生産者によってつくられた有機物は，生産者の生活に利用されるとともに，各栄養段階の動物などの消費者に移動し，その生活にも利用される。ある時点で，一定面積内に存在する生物体量を現存量といい，重量やエネルギー量などで表す。(2) ある生産者について，ある年（X年）およびその１年後の物質生産と消費の概念図を図３の（ウ）に示す。また，生産者と一次消費者のエネルギーの収支の概念図を図３の（エ）に示す。

さまざまな生態系における現存量と純生産量を把握することは，それぞれの生態系の特徴を理解するうえで重要となる。(3) 地球上のさまざまな生態系における現存量と純生産量を表１に示す。

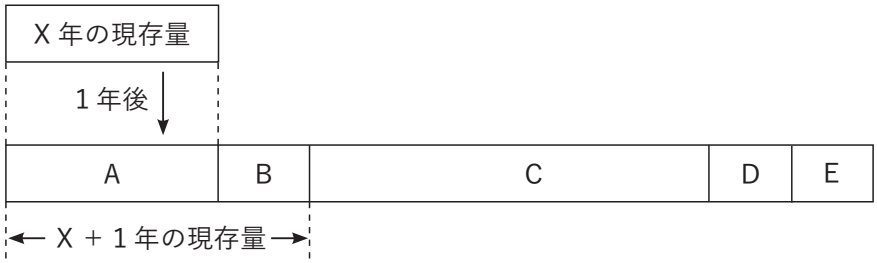
図２



生　　物　（その５）

図３

（ウ）



（エ）

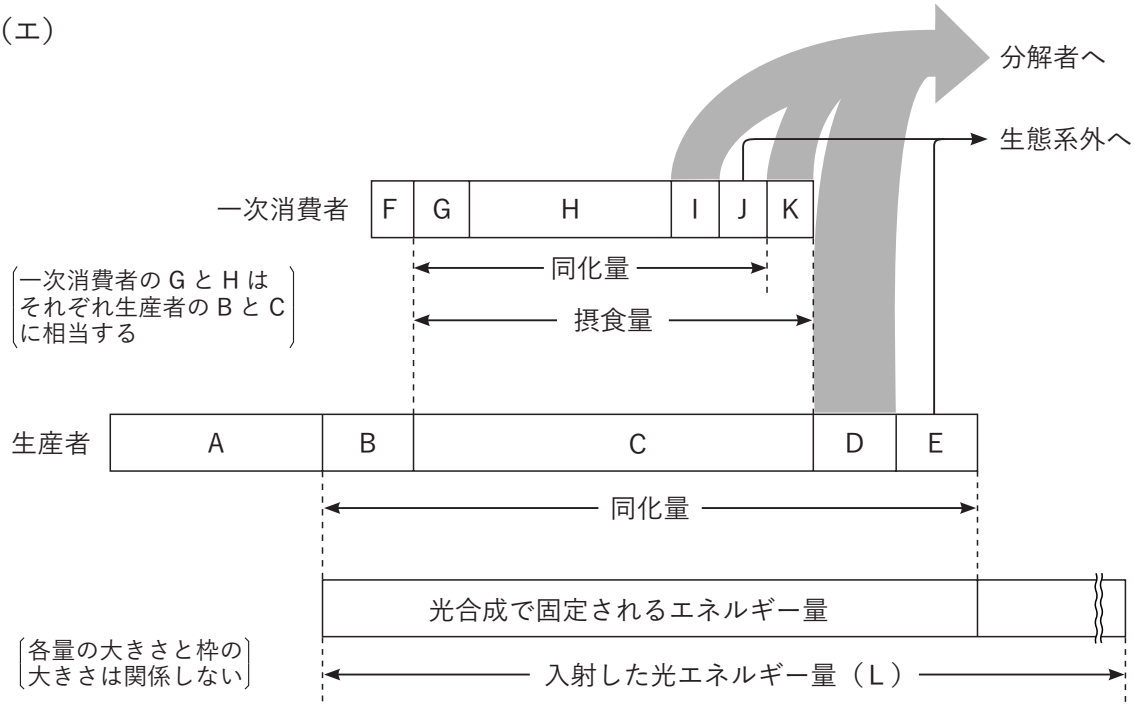


表１

生態系	生産者現存量		純生産量（年）	
	合計（10^{12} kg）	平均（kg/m^2）	合計（10^{12} kg/ 年）	平均（kg/(m^2・年)）
a	290.0	14.1	15.6	0.76
b	1.0	0.003	41.5	0.12
c	1025.0	41.8	49.4	2.02
d	18.5	0.4	2.8	0.06
e	74.0	3.1	18.9	0.79
浅海（大陸棚・入江・沿岸部）	2.9	0.1	13.5	0.47

生　　物　（その６）

問１　下線部（１）について，

ⅰ）この図を何とよぶか，用語で記せ。

ⅱ）（ア）と（イ）に該当する植物はどれか。次の ① ～ ⑥ から適当なものをそれぞれ２つずつ選び，番号で記せ。

① ススキ　② スダジイ　③ アカザ
④ オオシラビソ　⑤ ミゾソバ　⑥ チカラシバ

問２　下線部（２）について，

ⅰ）B，D，E，I，K は何を表しているか。次の ① ～ ⑥ から適当なものをそれぞれ１つずつ選び，番号で記せ。ただし，重複して選んでもかまわない。

① 枯死量・死滅量　② 呼吸量　③ 成長量
④ 総生産量　⑤ 不消化排出量　⑥ 被食量

ⅱ）生産者の純生産量を表す計算式を，A ～ E から必要な記号を用いて記せ。

ⅲ）生産者および一次消費者のエネルギー効率（%）を表す計算式を，A ～ L から必要な記号を用いてそれぞれ記せ。

ⅳ）摂食量に対する同化量の割合（同化効率）は二次消費者に比べて一次消費者は低い。これは一次消費者が主食にしている植物は，消化の困難なセルロースを多く含むためである。一次消費者はどのようにしてセルロースを栄養源にしているか，簡潔に記せ。

問３　下線部（３）について，

ⅰ）a ～ e の生態系に該当するのは何か。次の ① ～ ⑤ から適当なものをそれぞれ１つずつ選び，番号で記せ。

① 熱帯林　② 北方針葉樹・低木林
③ サバンナ・温帯イネ科草原　④ 荒原
⑤ 外洋

ⅱ）現存量１kg あたり１年間に生産される純生産量が最も高い生態系はどれか。a ～ e から適当なものを１つ選び，記号で記せ。また，その生態系の値が高いのは生産者のどのような特徴によるものか，簡潔に記せ。

生　　物　（その７）

第３問　カエルとウニの発生に関する次の文を読み，以下の各問いに答えよ。

カエルの卵は受精の際，精子が動物極側から進入する。受精直後，卵の表層回転が起こり，精子の進入点の反対側に（ ア ）という領域が出現し，将来こちらが胚の背側になる。第一卵割は精子進入点と動植物極の３点を結ぶ平面で起こる。植物極付近の表層に発現していた（ イ ）とよばれるタンパク質は，表層回転に伴って動物半球と植物半球の境界付近に運ばれ，卵全体で発現していたβカテニンとよばれるタンパク質の分解を抑制する。その結果，胚の背腹軸に沿ってβカテニンの濃度勾配が生じる。

植物極側に局在していた母性因子の mRNA からつくられる（ ウ ）というタンパク質は，βカテニンとともに予定内胚葉域で（ エ ）遺伝子の転写を促進する。その結果，βカテニンの濃度が高い背側では（ エ ）の濃度も高くなり，そこでは予定脊索域などの中胚葉が誘導され，濃度の低い領域では腹側の中胚葉が誘導される。

さらに発生が進むと背側の植物極側から原腸陥入が始まる。最初に陥入する領域は（ オ ）とよばれ，そこからは（ カ ）や（ キ ）とよばれるタンパク質が分泌されるようになる。これらは（ ク ）と結合することで，（ ク ）が受容体に結合することを阻害する。このはたらきにより，原腸形成の過程で（ オ ）由来の細胞群が裏打ちするようになった予定外胚葉域では，（ ク ）のシグナルが阻害されて神経が誘導される。

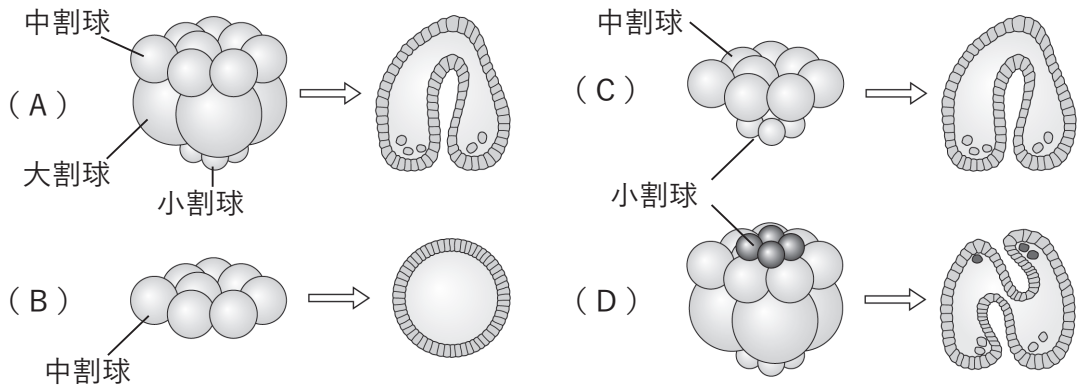
カエルの初期原腸胚を２つ用意し，片方の胚の（ オ ）をもう片方の胚の将来腹側になる部分に移植すると，移植を受けた胚には移植片の周辺にもう１つの神経管がつくられ，本来の胚とは別に二次胚が形成される。(1) 移植片は脊索に分化するが，新たに形成される神経管は移植を受けた胚の細胞からつくられる。

ウニではカエルと同様に，受精卵の第一卵割と第二卵割は動物極と植物極を結ぶ軸に沿って起こり，第三卵割は動物極側と植物極側を二分するように赤道面で起こる。ところが第四卵割はカエルと異なり，動物極側では等割により同じ大きさの８つの中割球を生じるが，植物極側では大割球と小割球を生み出す不等割が起こる。胞胚形成後，小割球は胞胚腔内にこぼれ落ちて中胚葉となり，植物極付近の細胞層が陥入して原腸が形成される（図４A）。

ウニは２細胞期に割球を分離すると，小さいが正常な２つの幼生が発生し，また，４細胞期に割球を分離すると４つの幼生が発生する。(2) 16 細胞期に中割球のみを他の割球から分離して培養すると，外胚葉のみからなるボール状の胚になるが（図４B），中割球と小割球を組み合わせて培養すると，正常な原腸胚になる（図４C）。また，小割球を正常な 16 細胞期胚の動物極側に移植して培養すると，植物極側に加え動物極側からも原腸陥入が起こり，移植した小割球は胞胚腔内で中胚葉に分化する（図４D）。

生　　物　（その８）

図４



問１　文中の（ ア ）～（ ク ）に適した語を，次の ① ～ ⑪ から１つずつ選び，番号で記せ。

① ノーダル　② BMP　③ VegT　④ チューブリン
⑤ コーディン　⑥ ノギン　⑦ ディシェベルド　⑧ カドヘリン
⑨ 灰色三日月環　⑩ 原口背唇　⑪ アニマルキャップ

問２　下線部（１）で観察された事象はどのような分子のはたらきとして説明できるか。問１の ① ～ ⑪ から適切な語をいくつか用いて簡潔に記せ。

問３　下線部（２）について，

ⅰ）小割球のみを単独で培養すると中胚葉由来の何になるか，名称を記せ。

ⅱ）これらの実験結果から，ウニの原腸はどのようにして形成されると考えられるか，簡潔に記せ。

問４　カエルやウニにみられるように，多くの動物では胚発生時に細胞間で起こる相互作用によって細胞の発生運命が変わっていく場合もあれば，卵の細胞質を不均等に分ける「非対称分裂」によって２つの娘細胞の運命を決定していく場合もある。

ⅰ）ウニでは最初に起こる非対称分裂は何回目の分裂か，数値を記せ。

ⅱ）ⅰ）でそのように答えた根拠は何か，簡潔に記せ。

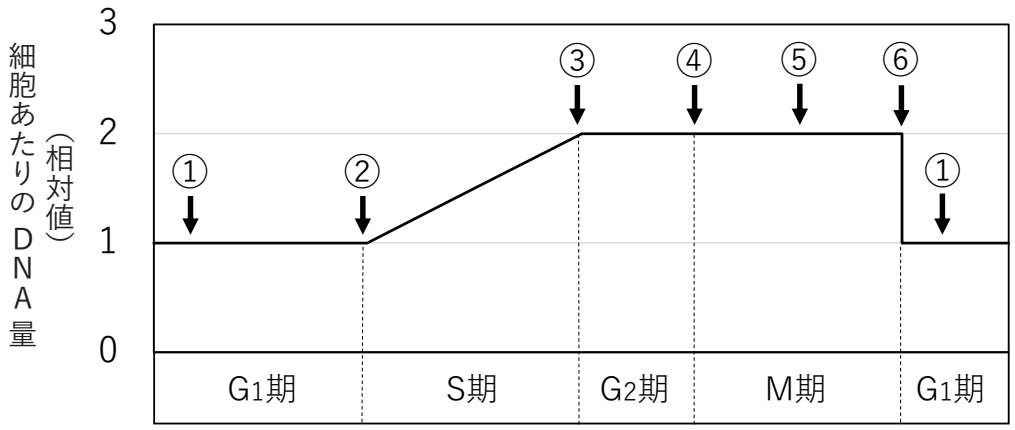
生　　物　（その９）

第４問　細胞周期に関する次の文を読み，以下の各問いに答えよ。

細胞周期には分裂期（M 期）と間期がある。間期は G1 期, S 期, G2 期に分かれており，細胞あたりの DNA 量は細胞周期とともに図５のように変化する。M 期はさらに前期, 中期, 後期, 終期の４つに分かれる。まず前期に染色体が凝集し，(1)中期には棒状になった染色体に微小管が結合する。後期には微小管が染色体を細胞の両極の中心体に引きつけるとともに，染色体に結合していない微小管と，細胞膜に結合している微小管がそれぞれ中心体を両極に引き離すようにはたらいて, 細胞が分裂方向にのびる（図６）。終期には娘核が形成され，その後 (2) 赤道面を取り巻くようにできた収縮環とよばれる構造物が収縮して細胞を２つに分断する。

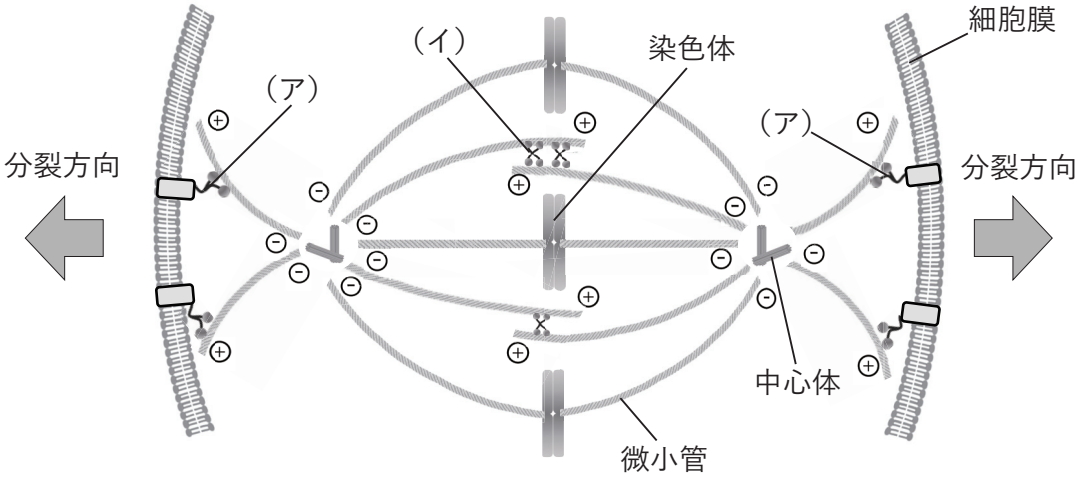
細胞には細胞周期の各段階が問題なく進行しているかをチェックする機構（チェックポイント）が備わっている。例えば (3) G1 期から S 期へのチェックポイントでは，細胞が増殖するにあたり問題がないかをチェックしており，すべての要件が満たされると S 期に入る。もし，(4) 放射線による DNA の切断のような突発的な問題が生じた場合には，細胞周期を途中で停止させて問題の解決を図り，解決しなければ DNA を断片化するなどしてその細胞は死にいたる。この細胞周期のチェック機構が破綻すると，細胞周期がとどまることなく繰り返されて細胞は増殖し，やがてがんを生み出す。そのため，(5) がんの治療には細胞周期を止める薬剤なども使用されている。

図５



生　　物　（その10）

図６



問１　下線部（１）について，

ｉ）微小管が結合する染色体の構造物を何とよぶか，名称を記せ。

ⅱ）図６の（ア）と（イ）に示すモータータンパク質の名称をそれぞれ記せ。ただし，図中の⊕は微小管のプラス端，⊖は微小管のマイナス端を示している。

問２　下線部（２）について，収縮環ではたらくモータータンパク質の名称を記せ。

問３　下線部（３）について，

ｉ）このチェックポイントの要件として誤っているものはどれか。次の ① ～ ④ から１つ選び，番号で記せ。

① DNA に損傷がないか。
② 染色体が赤道面に並んでいるか。
③ 細胞外から細胞の分裂を促す因子があるか。
④ 細胞分裂に必要な栄養が蓄積されているか。

ⅱ）体細胞の多くは細胞周期から外れて分裂しない状態になっている。この状態は何期とよばれるか，名称を記せ。

生　　物　（その11）

問４　下線部（４）について，

ⅰ）切断されたDNAをつなぐ酵素を何とよぶか，名称を記せ。

ⅱ）このような様式の細胞死を何とよぶか，名称を記せ。

問５　下線部（５）について，

ⅰ）このような薬剤を治療に用いた場合に，がん以外の細胞も影響を受ける。これが副作用として表れやすい体の部位はどこか。次の ① ～ ⑤ から適当なものを２つ選び，番号で記せ。

① 脊髄　② 骨髄　③ 腸　④ 血管　⑤ 心筋

ⅱ）次のA ～ Cに細胞分裂を阻害する薬剤を示す。これらの薬剤によって最も影響を受けるのは細胞周期のどこか。図５に示した矢印 ① ～ ⑥ から適当なものをそれぞれ１つずつ選び，番号で記せ。

A：チューブリンの重合阻害薬
B：アクチンの重合阻害薬
C：DNAポリメラーゼ阻害薬

ⅲ）あるがん細胞を培養して観察したところ，全体のうち75％の細胞が間期であった。これに上記のAを添加して４時間後に観察すると，間期の細胞が50％に減少した。このがん細胞の細胞周期は何時間だと推定されるか，数値を記せ。ただし，培養中のすべての細胞において，細胞周期は一定であるが，同調しておらずランダムであるものとする。