

生物

1 次の文章を読んで下の質問に答えなさい。

細胞は細胞周期を繰り返すことにより増殖する。細胞が分裂する時期は分裂期（M期）と呼ばれ、それ以外の時期は（①）期と呼ばれる。（①）期はさらにG1期、S期、G2期に分けられる。

S期に入った真核細胞の核内では、元からあるDNAの塩基間をつなぐ（②）結合が解離され、両方の一本鎖の塩基に対して相補的な塩基をもつヌクレオチドが（③）の触媒作用によってつながれていく。その結果、元のDNAと同じ塩基配列をもったDNAが2つできることになる。

M期が始まると、複製が終わったDNAは高度に凝縮して染色体を形成する。やがて核膜が崩壊すると、染色体のセントロメアという部位にある動原体に2つの中心体から伸長してきた紡錘糸が付着する。全ての動原体に紡錘糸が付着すると、各染色体の染色分体が一斉に分離され、それぞれ両極へ移動を始める。一方、動物においては細胞質分裂が起こる位置に収縮環と呼ばれる構造が形成される。収縮環はアクチンフィラメントとモータータンパク質である（④）から成るリング状の構造で、この構造が収縮することにより細胞質分裂が起こる。

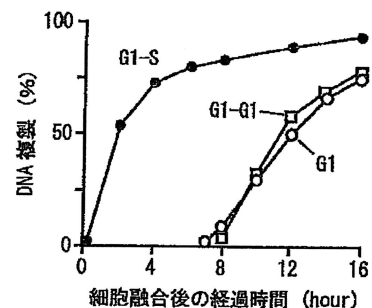
正常な細胞増殖のためには、DNAは正確に複製され、かつ均等に分配されなければならない。細胞はそのため、DNAが正しく複製されたか、DNAに損傷がないか、全ての動原体に紡錘糸が正しく結合したかを監視している。この細胞周期の進行におけるチェック機構を細胞周期チェックポイントと呼ぶ。具体的には、G1期からS期に移行する時点（G1/Sチェックポイント）、S期の間（S期チェックポイント）、G2期からM期に移行する時点（G2/Mチェックポイント）では、DNA損傷やDNA複製を監視しており、またM期中期（M期チェックポイント）には、全ての動原体に紡錘糸が結合したかどうかを監視している。もし、それぞれのチェックポイントにおいて何らかの不具合があれば、細胞はその時点で細胞周期の進行を停止させ、DNAの異常を修復したりするなどして、正常な細胞増殖が行われるようにしている。

〔1〕 文章中の空欄（①）～（④）に入る適切な語を答えなさい。

〔2〕 DNAにおける相補的な塩基の組み合わせを答えなさい。略号を使わずに解答すること。

〔3〕 ある研究グループは、細胞周期の進行が細胞内に存在するある因子によって制御されていると考えた。その仮説のもと、ヒト由来の培養細胞を用いて行われた一連の実験のうち、S期の進行に関するものを以下に示す。

〔実験1〕 G1期の細胞とS期の細胞を用意し、G1期の細胞1個ずつを融合したとき（G1-G1）、G1期の細胞とS期の細胞1個ずつを融合したとき（G1-S）、およびG1期の細胞を単独で培養したとき（G1）

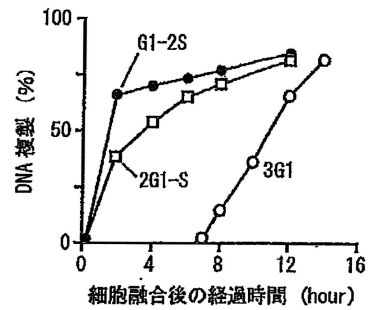


〔図1〕



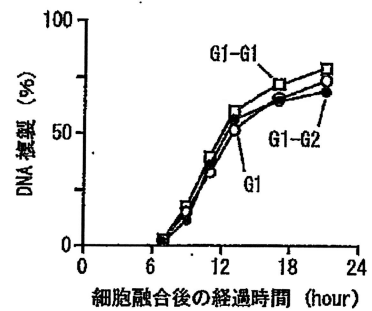
の、G1期の細胞由来の核のうちDNA複製を行っているものの割合を調べたところ、図1のような結果が得られた。

[実験2] G1期の細胞とS期の細胞を融合する際に、異なる数の組み合わせで融合させた。このとき、G1期の細胞由来の核のうちDNA複製を行っているものの割合を調べると、図2のような結果が得られた。ただし、図中のG1-2SはG1期の細胞1個とS期の細胞2個を、2G1-SはG1期の細胞2個とS期の細胞1個を、3G1はG1期の細胞3個をそれぞれ融合させたことを示す。



[図 2]

[実験3] G1期の細胞とG2期の細胞を用意し、G1期の細胞1個ずつを融合したとき (G1-G1)、G1期の細胞とG2期の細胞1個ずつを融合したとき (G1-G2)、およびG1期の細胞を単独で培養したときの、G1期の細胞由来の核のうちDNA複製を行っているものの割合を調べると、図3のような結果が得られた。



[図 3]

[実験4] S期の細胞とG2期の細胞を用意し、S期の細胞とG2期の細胞1個ずつを融合し、G2期の細胞由来の核におけるDNA複製を調べたが、DNA複製は起こっていなかった。

- 1) 実験1および2から、S期の細胞がどのような作用を持つと考えられるか、2行以内で説明しなさい。
- 2) 実験1および3の比較から、1)で答えた作用にみられる特徴を1行で説明しなさい。
- 3) 実験4から、細胞周期の進行に重要な「決まり」のあることが推測できる。それはどのようなことか、1行で説明しなさい。

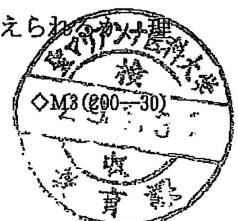
[4] 紡錘糸の実体は微小管と呼ばれる細胞骨格である。

- 1) 微小管はあるタンパク質が重合してできている。そのタンパク質の名称を答えなさい。
- 2) 微小管伸長の起点となる中心体は中心小体 (中心粒) 2個から成るが、中心小体はどのような構造をしているか、1行で説明しなさい。

[5] 植物細胞における細胞質分裂はどのように進むのか、1行で説明しなさい。

[6] 細胞骨格に影響を及ぼす化学物質が幾つか知られており、このうちノコダゾールは微小管を脱重合させ、一方サイトカラシンはアクチンフィラメントを脱重合させることが分かっている。

- 1) 盛んに増殖をしている哺乳類培養細胞にノコダゾールを与えたところ、細胞周期が停止した。細胞周期はどの時点で停止したと考えられるか、理由とともに1行で答えなさい。
- 2) 盛んに増殖をしている哺乳類培養細胞にサイトカラシンを与えて培養を続けると、ある特徴を持った細胞が出現した。どのような特徴を持った細胞が出現したと考えられるか、理由とともに1行で答えなさい。



由とともに2行以内で説明しなさい。

[7] 仮にM期チェックポイントが働かないとすると、細胞分裂の結果生じる娘細胞にどのような影響がみられると考えられるか、1行で説明しなさい。

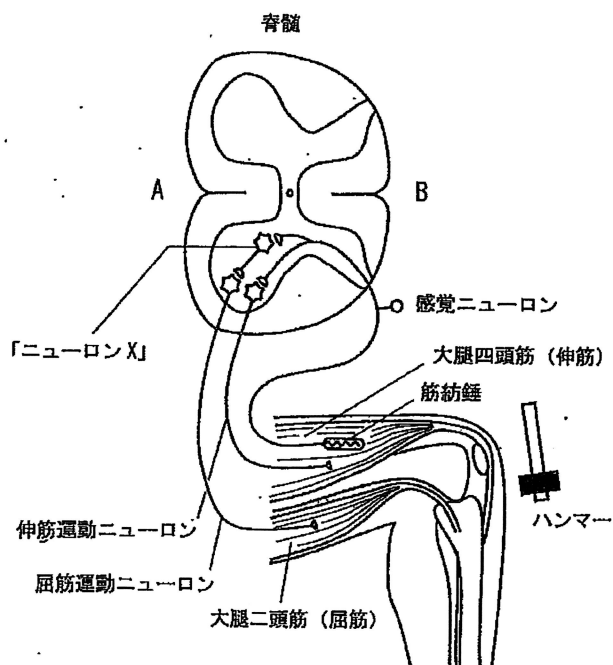
2 次の文章を読んで下の質問に答えなさい。

細胞において (a) (①) イオンは細胞外で多く (細胞内で少なく)、また (②) イオンは細胞外で少なく (細胞内で多く) 保たれている。ニューロン (神経細胞) において、何も刺激や他のニューロンからの入力がなくとも、(②) イオンは特定のチャネルを通して絶えず細胞の外側へ向かって流出している。この結果、細胞の外側へ向けた正の電流が生み出され、細胞内は細胞外よりも電位が低く保たれる。これを (③) 電位と呼ぶ。(b) ニューロンの興奮は、(①) イオンが流入して活動電位が発生することにより起こる。興奮は軸索を伝わり、軸索の終末から神経伝達物質の放出を促す。放出された神経伝達物質は (④) とよばれる狭い空間を拡散して次のニューロンや筋細胞などの細胞膜上の (⑤) に結合して効果をあらわす。

手や脚の骨格筋は、急激に引き伸ばされると収縮して元に戻ろうとする。よく知られる例に膝蓋腱反射がある。腰掛けた被験者の膝のやや下をハンマーで軽くたたくと、大腿四頭筋 (関節を伸ばす伸筋の一種) が瞬間的に引き伸ばされる。図4に示すように、筋肉中には筋紡錘と呼ばれる構造がある。筋紡錘には感覚ニューロンが巻きついていて、筋紡錘が引き伸ばされると活動電位が発生し興奮が脊

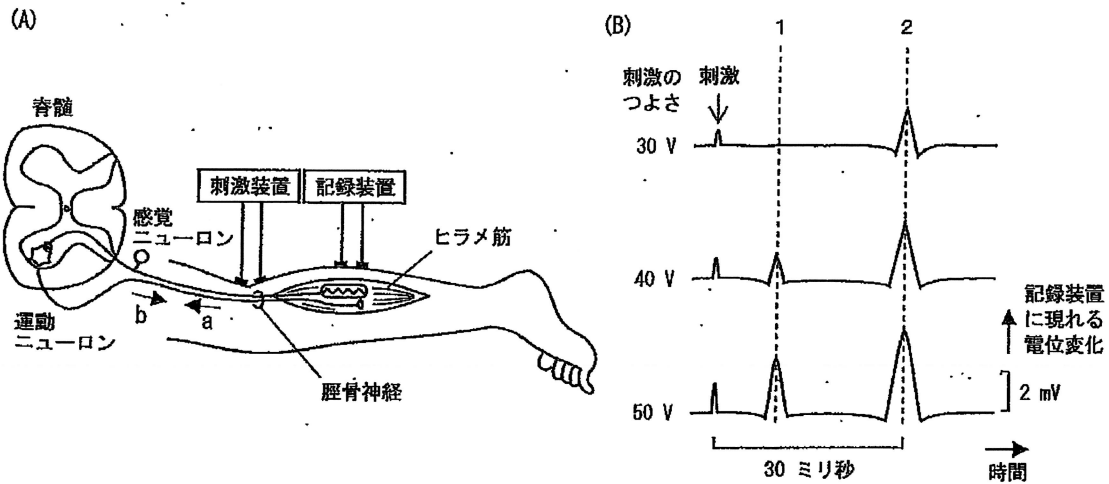
髄に伝わる。この感覚ニューロンは脊髄中の大腿四頭筋を支配する運動ニューロンを興奮させ、これにより大腿四頭筋が収縮して膝が伸ばされる。これは2種類のニューロンで起こる最も単純な反射の例であるが、(c) 実際には膝蓋腱反射の際には、膝を曲げる筋肉 (大腿二頭筋などの屈筋) の収縮の抑制が同時に起こっている。

ヒトのふくらはぎにはヒラメ筋と呼ばれる筋肉が存在し、ヒラメ筋が収縮すると足首の関節を引き伸ばしてつま先立つような動きが起きる。図5(A)に示すように、ヒラメ筋を支配する運動ニューロンの軸索とヒラメ筋の筋紡錘からの感覚ニューロンの繊維は脛骨神経に含まれ、脊髄とつながっている。脛骨神経は膝の裏側の浅い部分を走



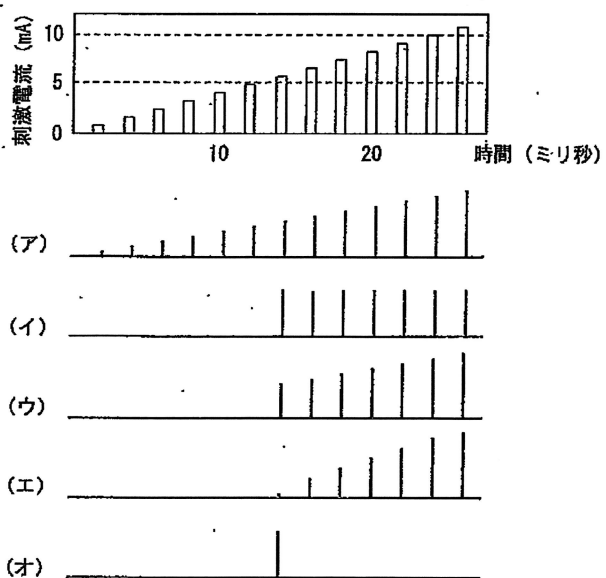
[図4]





[図 5]

っており、皮膚の上から電気刺激を与えることができる（感覚ニューロンと運動ニューロンが同時に刺激される）。筋繊維も興奮性細胞で、運動ニューロンからの刺激に応じて活動電位を発生する。筋繊維の多数集まった骨格筋で発生する電位変化は記録装置を用いて筋電図として皮膚の上から記録することができる。そこで図5 (A)に示すように、刺激装置を膝の裏側に当てて脛骨神経を短時間・単発の電気刺激で徐々に強く刺激し、ヒラメ筋の反応を記録装置により筋電図として取得した（図5 (B)）。はじめ弱い刺激（30 V）では、刺激から30 ミリ秒後に筋電図中の2の位置にヒラメ筋の反応があらわれた（図5 (B)）。次いで刺激を強く（40 V ~ 50 V）していくと、筋電図中の2の位置よりも早く、1の位置に反応があらわれるようになった（図5 (B)）。(d) さらに刺激を強くしていくと、一方の反応は減少し、やがて消失した（図には示していない）。ただし、筋電図中1と2の反応はヒラメ筋が直接電気刺激されたために生じたものではない。また、ヒラメ筋の筋紡錘からの感覚ニューロンとヒラメ筋を支配する運動ニューロン（それぞれ脛骨神経に複数本含まれる）はそれぞれ1種類ずつで、興奮の伝導速度はそれぞれ一定しており、またこの系ではこれら以外のニューロンの関与はないものとする。



[図 6]

[1] 文章中の空欄(①)~(⑤)

に入る適切な語を答えなさい。

[2] 下線部 (a) のようなイオンの濃度

勾配を、エネルギーを消費して生

み出す分子の名称を答えなさい。



- [3] 下線部 (b) の性質について考える。ニューロンに微小な電極を刺し入れて、1 個のニューロンの膜電位を測定する。このニューロンに図 6 の上段に示すような徐々に強くなるパルス状の刺激電流を与えると、膜電位はどのように反応すると考えられるか、図 6 の (ア) ~ (オ) から選びなさい。また、そのように判断した理由を 2 行以内で述べなさい。ただし、(ア) ~ (オ) では横軸の時間は刺激の図に一致し、縦軸は膜電位の相対的な大きさを示す。また、このニューロンの活動電位発生の閾値は 5 mA 付近とする。
- [4] 運動ニューロンの終末から骨格筋に対して放出される神経伝達物質の名称を答えなさい。
- [5] 図 4 の脊髓の断面において背側はどちらか、A または B で答えなさい。
- [6] 以下の文章は、図 4 を用いて下線部 (c) のメカニズムを説明するものである。文章中 (ア) ~ (ウ) それぞれで正しい語句を 1 つ選び、文を完成させなさい。

大腿四頭筋の筋紡錘からの感覚ニューロンの軸索は脊髓内で枝分かれし、一方は大腿四頭筋を支配する運動ニューロンに、一方は図 4 中「ニューロン X」で示した、(ア 興奮性、抑制性) の (イ 感覚、運動、介在) ニューロンに結合している。枝分かれした軸索の終末からは同じ神経伝達物質が放出される。感覚ニューロンからの入力で大腿四頭筋を支配する運動ニューロンは興奮し大腿四頭筋を収縮させるが、「ニューロン X」は屈筋を支配する運動ニューロンの膜電位を (ウ 脱分極させる、過分極させる、変化させない) ため、屈筋の収縮は抑制される。

- [7] 図 5 の結果で、筋電図中 1 と 2 の位置の反応はどのようにして生成されたと考えられるか、3 行以内で説明しなさい。
- [8] 図 5 で、感覚ニューロンと運動ニューロンのどちらの閾値が低いか、答えなさい。
- [9] 下線部 (d) について、さらに刺激を強めてゆくと、図 5 (B) の筋電図中 1 と 2 の反応のうち一方は減少し、消失する。これは運動ニューロンの軸索上で、刺激部位から細胞体へ向かう興奮 (図 5 (A) 矢印 a) と、感覚ニューロンからの入力で生じる興奮 (矢印 b) がぶつかり合って消失するためであると考えられる。消えた反応は位置 1 か 2 のいずれか、解答しなさい。また、なぜ逆向きに伝わる興奮が衝突すると消失するか、軸索の興奮の特徴をふまえて 1 行で説明しなさい。



3 次の文章を読んで下の質問に答えなさい。

多くの地表は植物で覆われており、ある地域に見られる植物の全体像を植生という。植生はその多くを占める優占種によって特徴づけられる。植生を種にとらわれずに外観で区別し、森林・草原・荒原のように分類したものを(①)という。環境に近い場所では、似たような(①)をもつ植生が成立する。それぞれの気候帯において、植生などとともに動物や微生物などを含めた(②)(=生物群系)が成立する。生物群系は生産者である植物を中心に研究されている。

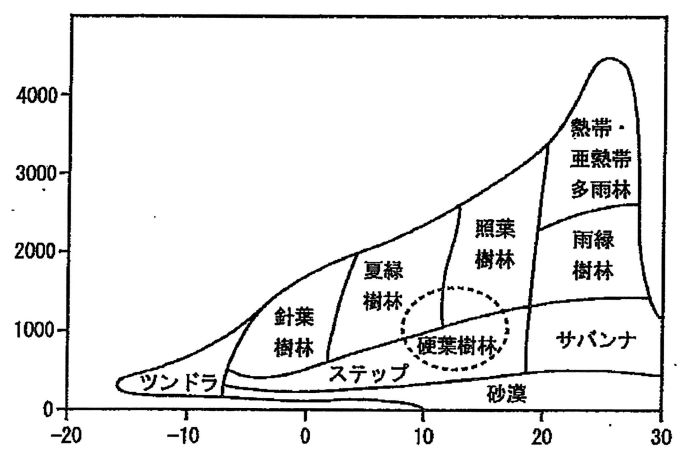
植生は長い年月の間に次第に変化していく。これを遷移という。遷移が進行していくと、やがてそれ以上は植生が全体として大きな変化を示さない状態に達する。これを(③)という。(③)に至った後でも、倒木・山火事などにより(④)が生じ、そこに新たな植物が侵入し成長することでモザイク状の植生になることがある。

[1] 文章中の空欄(①)～(④)に入る適切な語を答えなさい。なお、(②)と(④)はカタカナで答えなさい。

[2] 世界の代表的な生物群系を図7に示す。

1) 図の縦軸と横軸は何を示しているか。前者は漢字4字で、後者は漢字5字で答えなさい。さらに、それぞれの単位を答えなさい。

2) 硬葉樹林(図7の点線)は、図7の縦軸および横軸の2条件で分類すると照葉樹林・夏緑樹林などと図中では重なって示される。しかし実際には縦軸横軸の条件以外に相違点があるため、異なった生物群系である硬葉樹林が形成される。硬葉樹林を形成する条件を説明しなさい。



[図 7]

3) 照葉樹林、夏緑樹林で優占する樹種を、以下の選択肢(ア)～(キ)からそれぞれ1つずつ選び、記号で答えなさい。

- (ア) アカシア (イ) ガジュマル (ウ) タブノキ (エ) チーク
- (オ) トドマツ (カ) ブナ (キ) ヘゴ



〔3〕ある森林の物質収支を表1に示す。

表1. 北アメリカのブナ・マツ林における物質収支 (g / (m²・年))

| 総生産量 | 呼吸量 | 純生産量 | 被食・枯死量 | 成長量 |
|------|-------|-------|--------|-----|
| (あ) | 1,450 | 1,200 | 700 | (い) |

- 1) 空欄 (あ)、(い) に入る数値をそれぞれ答えなさい。
- 2) 一般に生産者のエネルギー効率は 0.1 ~ 5% と言われている。上記ブナ・マツ林のデータにおいて、エネルギー効率を 1% とした場合、森林に注ぐ太陽光エネルギーはいくらになるか。求めるに際して単位を J / (m²・年) とし、有効数字 3 桁で示しなさい。ただし、生産される有機物 1g は 18,700 J に相当するとして計算しなさい。

〔4〕遷移には幾つかのタイプが知られている。

- 1) 一次遷移と二次遷移の違いを 2 行以内で説明しなさい。
- 2) 乾性遷移と湿性遷移の違いを 2 行以内で説明しなさい。

〔5〕生態系に関する以下の短文 (i) ~ (vi) から正しいものを選び、記号で答えなさい。ただし、正しいものがない場合は「なし」と記入しなさい。

- (i) 遷移の過程では陰樹の後に陽樹が侵入する。
- (ii) 先駆植物は重力散布型の種子をもつ植物が多い。
- (iii) 生物体の現存量総量は海洋域よりも陸域の方が多い。
- (iv) 緯度の変化に応じた日本の生物群系の分布を垂直分布という。
- (v) 森林の生物群系を比較すると一般に高緯度地域ほど純生産量が大きい。
- (vi) 自然災害の台風やヒトによる森林伐採などの適度な攪乱は種の多様性を維持する。

以上

