

生 物

1 次の文章を読んで問に答えなさい。

細胞には細胞骨格とよばれる繊維状構造が張り巡らされている。真核生物の細胞骨格は微小管、(①)、アクチンフィラメントに分けられ、このうち微小管は、 α -チューブリンと β -チューブリンという球状のタンパク質が多数重合してできた中空の管である。微小管は安定な構造ではなく、間期から分裂期にかけてはその配向が大きく変化する。また間期でも、チューブリンの重合・脱重合(微小管の伸長・短縮)は常に起こっており、細胞には重合したチューブリン(微小管)に加えて、重合していないチューブリンも存在している。

DNA を構成する 4 つの塩基の配列の一部は、タンパク質の一次構造を決定する遺伝情報としての働きをもつ。真核生物におけるタンパク質合成においては、まず核内で DNA の 2 本鎖の一方を鋳型に転写が起こり、mRNA の前駆体が合成される。この mRNA 前駆体はスプライシング等の過程を経て mRNA となる。完成した mRNA は (②) を通って核外へ移動し、mRNA の塩基配列に従って翻訳が行われる。翻訳においては、1 本の mRNA に対して複数のリボソームが結合した複合体が形成され(これをポリソームまたはポリリボソームという)、1 本の mRNA からは複数個のタンパク質分子が合成される。

真核生物の遺伝子発現は、転写から翻訳に至る様々な段階で制御され得ることが知られている。発現制御の主な段階は転写であるが、転写後も様々な作用が及ぼされる場合がある。例えばチューブリンの場合は、チューブリンタンパク質の量に依存した発現調節が行われていると報告されている。すなわち、未重合のチューブリンが細胞内に増加してくると、チューブリン mRNA が分解され、チューブリンが過剰に合成されないような調節がなされるという。

[1] 文章中の空欄 (①) および (②) に入る適切な語を答えなさい。

[2] 微小管は、間期においては細胞小器官の移動や物質輸送の「レール」としての役割をもっている。この原動力になっているのはモータータンパク質と総称されるタンパク質である。微小管上を移動するモータータンパク質の名称を答えなさい。

[3] 動物の細胞において、分裂期中中期に微小管は細胞内にどのように配置されているか、模式的に図示しなさい。ただし、微小管を実線で、中心体を・(黒丸)で示すこととし、それ以外の細胞小器官等の構造を描く必要はない。さらに、微小管によってつくられる構造の名称を図に書き込みなさい。なお、解答欄の楕円は細胞膜を示す。

[4] タンパク質の一次構造とは何か、1行で説明しなさい。



[5] ある研究グループがチューブリンの発現調節機構を知るために行った実験のうち、 β -チューブリンに関するものを以下に示す。それを読み、1)～5)の間に答えなさい。

[実験1] ある動物から得られた細胞(以下、単に細胞とする)を培養しているシャーレにコルヒチンという物質を添加し、6時間経過

した後にコルヒチンを培地から除いた。この間、何回か β -チューブリン mRNA およびアクチン mRNA の量を調べたところ、図1のような結果が得られた。ただし、コルヒチンはチューブリンの重合を阻害し、微小管の形成を妨げることが知られている。

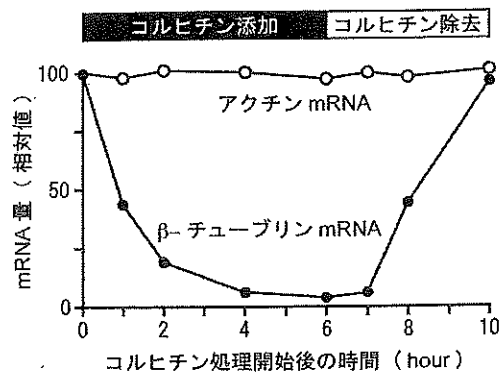


図1

[実験2] リボソームが細胞内でどのような状態

にあるかを調べるために、細胞を4°Cの等張液中で破碎し、これを4°C、800gの条件で遠心して上清を得た(図2)。さらに、この上清を別の遠心管にあるシヨ糖溶液の上に静かにのせ、遠心を行った(図2)。この遠心により、溶

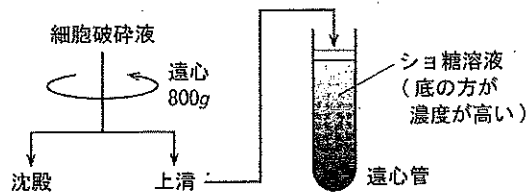


図2

液中の物質を大きさや密度によって分けることができる。遠心後、遠心管から溶液を少しずつ抜き取りながら、ある特定の波長の光を溶液に当てて吸光度を測定した。ここで吸光度とは、サンプル溶液に光を当てた際に透過光の強度が入射光に比べてどの程度弱まったかを示したもので、吸光度が大きいほど溶液中にその波長の光を吸収する物質が多いことを示している。図3Aは、遠心管の上から底にかけての位置と、その位置にあった溶液の吸光度の関係を示しており、図中のa～dで示した吸光度の大きい部分は、aから順にリボソームの小サブユニット、大サブユニット、リボソーム(大小サブユニットの複合体)、ポリソームであった。

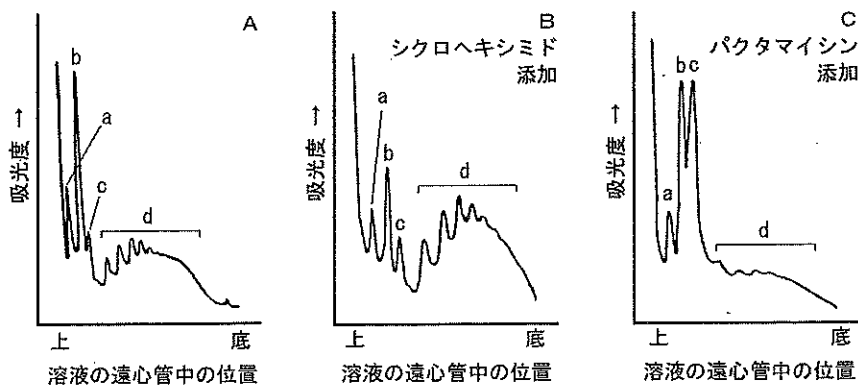
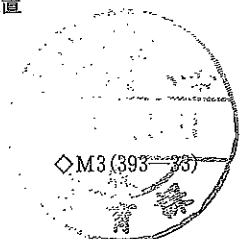


図3



[実験3] 細胞を培養しているシャーレに、翻訳阻害剤であるシクロヘキシミドまたはパクタマイシンを添加した。その後、実験2と同様の操作を行い、吸光度を測定した。その結果をそれぞれ図3BおよびCに示す。なお、図3BおよびCのa～dは、図3Aのa～dにそれぞれ相当する。

[実験4] 細胞を培養しているシャーレに、シクロヘキシミドまたはパクタマイシンを添加した。その後、これらの細胞をコルヒチン存在下、非存在下で4時間培養し、細胞内のβ-チューブリン mRNA およびアクチン mRNA の量を比較したところ、図4のような結果が得られた。図中の - と + はそれぞれコルヒチン非存在下、および存在下で培養した細胞を示す。

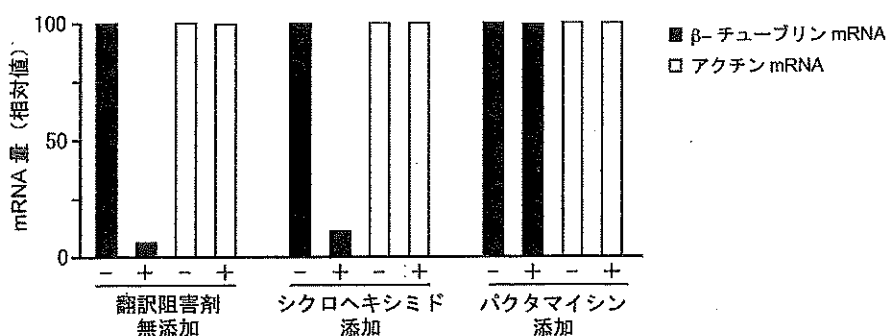


図4

[実験5] β-チューブリン遺伝子の開始コドンに続く2つのコドンを構成する塩基のいずれかを変異させた DNA を細胞に導入した。図5に示した塩基配列は、それらから転写されるβ-チューブリン mRNA の最初の3つのコドン抜き出して示している。DNA を導入した細胞をコルヒチン存在下で4時間培養し、変異型 mRNA の量を調べた。図5の ↘ はコルヒチンの添加によって mRNA 量が減少したことを、→ は減少しなかったことを表している。

野生型	5'-AUGAGGGGAA-3'	↘
変異1	AUGUGGGGAA	→
変異2	AUGC GGGGAA	↘
変異3	AUGAGGGGGA	→
変異4	AUGAGAGGAA	↘
変異5	AUGGGGGAAA	→
変異6	AUGC GGGGAG	↘

図5

- 1) 実験1において、なぜβ-チューブリン mRNA 以外についても調べているのか、1行で説明しなさい。
- 2) 実験2において、最初に 800g の条件で遠心したときに沈殿するのは何か、答えなさい。
- 3) 実験2および3の結果から、パクタマイシンがどのように翻訳を阻害していると考えられるか、1行で説明しなさい。
- 4) 実験1～4の結果から、分解されるβ-チューブリン mRNA は細胞内でどのような状態にあると考えられるか、1行で述べなさい。

5) 実験5の結果から、 β -チューブリン mRNA の分解に際し、細胞は何を認識して mRNA の分解を進めていると考えられるか、表1に示した mRNA の遺伝暗号表を参照し、判断した理由とともに3行以内で説明しなさい。

表1

		コドンの2番目の塩基				
		U	C	A	G	
コドンの1番目の塩基	U	フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	U
		ロイシン		終止コドン	終止コドン	C
	C	ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	A
				グルタミン		G
	A	イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	U
		メチオニン*		リシン	アルギニン	C
	G	バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	A
				グルタミン酸		G

* 開始コドン

2 次の文章を読んで間に答えなさい。

循環系は、全身に血液を循環させることにより、身体各部の細胞に栄養分や酸素を送り届け、老廃物の回収を行っている。脊椎動物の循環系では、血液は血管内のみを流れるため、(①) 血管系とよばれる。これに対して、頭足類を除く軟体動物や節足動物などでは、血液は末梢で血管の外に送り出され、組織をめぐった後に心臓に戻ってゆくため、(②) 血管系とよばれる。心臓は収縮と拡張を繰り返して血液を循環させているが、その力を生み出しているのは心筋細胞という筋細胞の一種である。心筋細胞は、特殊な細胞接着装置（細胞と細胞をつなぎ合わせるタンパク質分子）を使ってイオンなどを細胞間でやりとりすることにより、同調的に収縮している。ヒトの心臓では、(a)右心房に存在する洞房結節とよばれる特殊な心筋細胞の集団が、自動的かつ規則的に興奮し、周囲の心筋細胞や房室結節を興奮させている。房室結節からはプルキンエ繊維とよばれる構造にいたる特殊な経路によって興奮が心室へと伝えられている(図6)。この刺激伝導系は他からの影響がなくても自動的にはたらくが、(b)実際には身体の活動状態や精神状態により心臓の

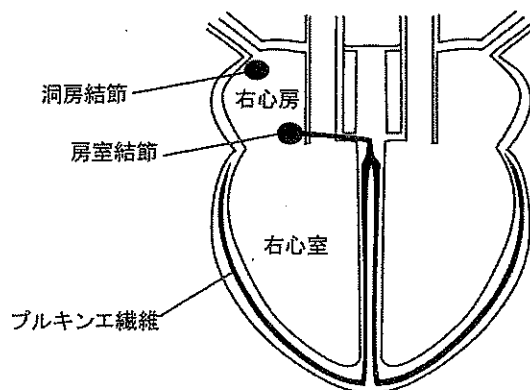


図6



拍動リズムは変化し、全身に送り出される血液の時間あたりの量が変動する。また、個別の組織や臓器においても、血管の太さや血管壁内外の圧力の差が変わることなどによって血流の量は変動する。

- [1] 文章中の空欄 (①) および (②) に入る適切な語を答えなさい。
- [2] 下線部 (a) の刺激伝導系の中で、房室結節の細胞は興奮の伝導が遅いことが知られている。このことは心臓の機能にどのような意義があるか、1行で簡潔に述べなさい。
- [3] 下線部 (b) について。心臓の拍動は自律神経系の支配を受ける。拍動を促進する神経と抑制する神経、およびそれらから最終的に心臓に放出される伝達物質の名称を答えなさい。

[4] 図7Aは、安静時における左心室の容積変化と内圧変化の関係を模式的に示したものである。心臓には血液の逆流を防ぐ弁があり(図7B)、図7Aの各過程(図中矢印)では大動脈弁(半月弁のひとつ)と僧帽弁(房室弁のひとつ)は状況に応じて

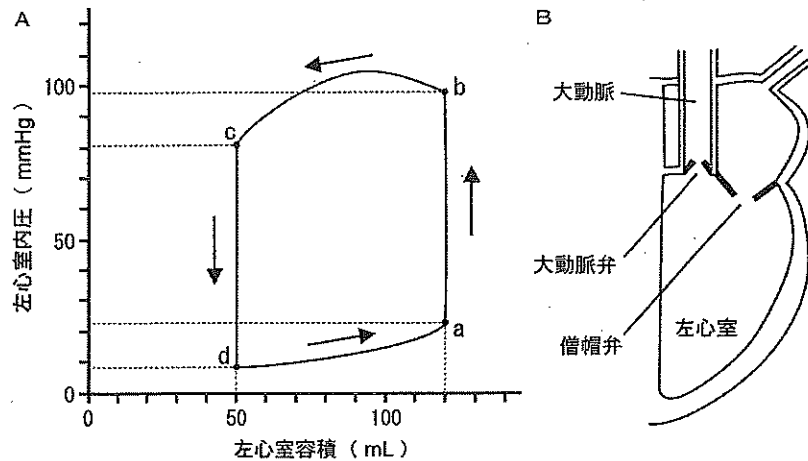


図7

開閉している。各過程におけるそれぞれの弁の開閉状態を、開いている場合には「開」、閉じている場合には「閉」と、漢字1文字で答えなさい。さらに、左心室から大動脈へ血液が送られているのはどの過程か、「e → f」のような形式で答えなさい。ただし、弁の開閉は必ず図中 a、b、c、d で起きるものとする。

- [5] 安静時の心拍数を70回/分として、この心臓が1時間に全身に送り出す血液の量を、mL単位で求めなさい。
- [6] 図7Aに示した左心室容積と内圧の関係は、大動脈の血圧が高まった場合にどのように変化すると考えられるか、次頁の図8の中から適切なものを選びなさい。ただし、心臓自体の構造や心筋の収縮力は変わっていないこととし、また静脈から心臓へ戻る血液による圧力変化の効果も無視できるとする。図は元の状態を破線で、変化後の状態を実線で表している。
- [7] 心臓自体は心房や心室内の血液を利用できず、冠動脈という心筋を養う動脈によって必要な血液が供給されている。全身の臓器とは異なり、冠動脈の血流量は、左心室から大動脈に血液が送られる時期にはかえって減少する。その理由としてどのようなことが考えられるか、2行以内で簡潔に述べなさい。



〔8〕 実際には設問〔6〕のような条件が続くと、心室の心筋細胞の太さが増す。組織内の血管の張り巡らされ方が変化しないとすると、このような変化は心筋細胞にどのような悪影響をもたらすと考えられるか、2行以内で簡潔に述べなさい。

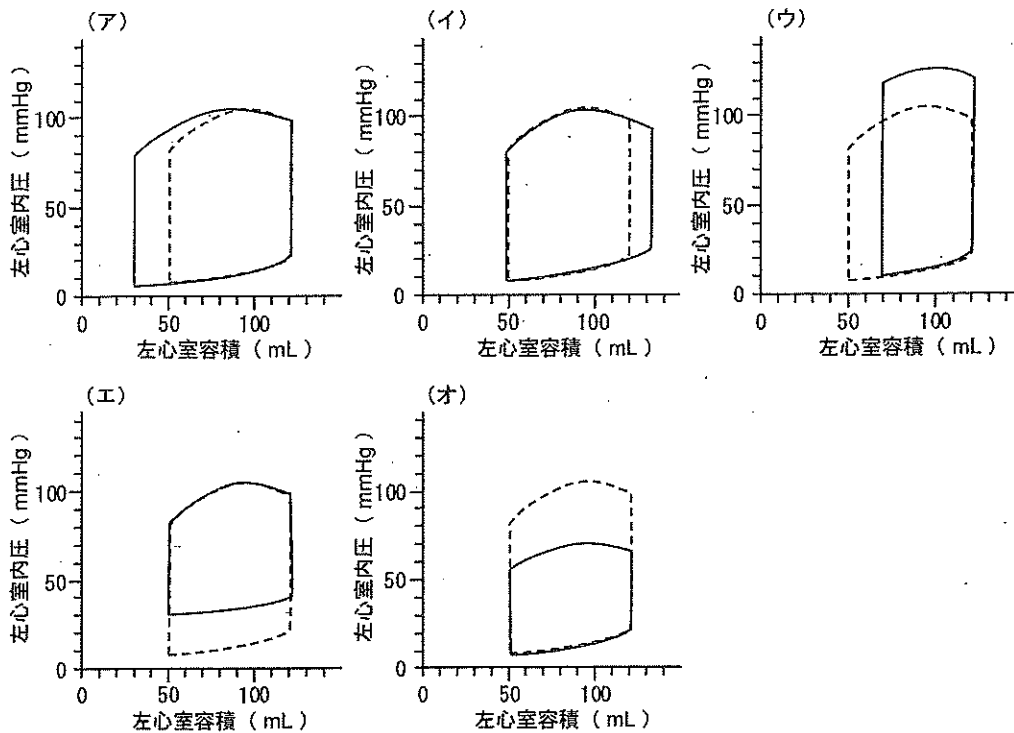
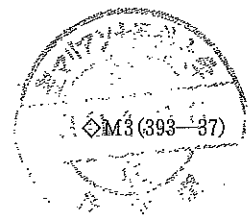


図8

3 次の文章を読んで問に答えなさい。

動物は、環境に应答して多様な行動をとる。水中のゾウリムシが^(a)負の重力走性を示すのもその一つであるが、これは生まれながらに備わった^(b)生得的行動に分類される。動物がある刺激を受けて常に特定の行動を起こす場合、その刺激を(①)という。

生得的行動とは別に、生後に獲得する行動パターンを^(c)学習という。学習の機序については、アメフラシのえら引き込め反射における反射の抑制および^(d)冗進でよく調べられている。アメフラシのえら引き込め反射は、水管を触るとえらを引っ込めるという反射で、これには水管に分布する感覚ニューロン(水管感覚ニューロン)と、えらを操作する筋の支配神経(えら運動ニューロン)が関与している(図9)。アメフラシの水管を繰り返し触ると、えらを引っ込める頻度が減り、やがてえらを動かさなくなるよう行動が変化する。これを(②)という。その後放置するとえら引き込め反射はやがて回復するが、刺激を与えることによって反射が回復することも確認されている。(②)を起こしているアメフラシの尾部に刺激を加えると、(②)がキャンセルされ、えら引き込め反射が回復する。これを(③)という。^(e)尾部への刺激を強くすると、通常は反射が起きない程度の弱い水管刺激でもえら引き込め反射が発生するようになる。これを(④)という。



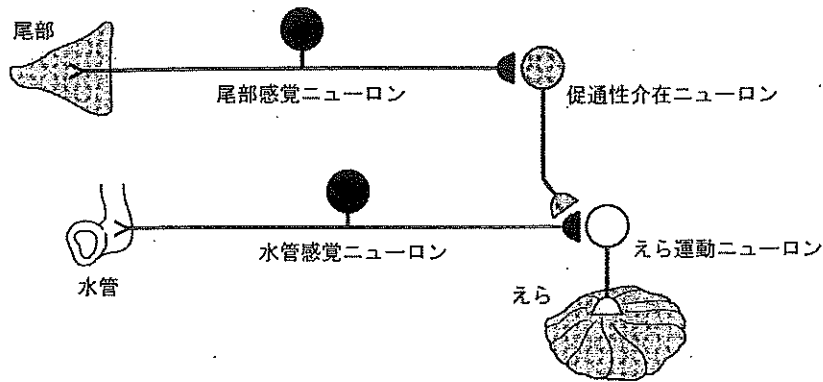


図9

- [1] 文章中の空欄 (①) ~ (④) に入る適切な語を答えなさい。
- [2] 下線部 (a) は、具体的にどのような行動特性のことか。2行以内で説明しなさい。
- [3] 下線部 (b) について、以下の短文 (ア) ~ (コ) から生得的行動に属するものをすべて選び、50音順に記号で答えなさい。ただし、該当するものがない場合は、「なし」と記入しなさい。

- (ア) ヒトが「梅干し」という言葉を聞いて唾液を出す。
- (イ) カイコガの雄が雌のフェロモンに誘導されて追う。
- (ウ) アリが外敵に遭遇したときに警報フェロモンを出す。
- (エ) ミツバチが8の字ダンスで仲間に餌のありかを伝える。
- (オ) ハイイロガンのヒナが最初に見た動くガチョウを親と認識する。
- (カ) チンパンジーが吊るされたバナナに対して長い棒で叩き落とす。
- (キ) ネズミがレバーを押すと餌の出る装置を繰り返し操作して餌を得る。
- (ク) 繁殖期のイトヨの雄が、腹部が赤い個体に対して攻撃行動を起こす。
- (ケ) ホシムクドリが渡りの時期に太陽光を見て北西の方角に頭を向ける。
- (コ) 外壁につけた目印を手掛かりに、ネズミが濁った水面下に隠れた足場に最短距離でたどり着く。

- [4] 下線部 (c) に関して、古典的条件付けに関する以下の実験で、条件刺激と無条件刺激はどれか、文中から抜き出して答えなさい。

「イヌに肉片を見せると唾液の分泌を起こす。ロシアの研究者パプロフは、イヌに肉片を見せる直前にいつもベルを鳴らすようにした。イヌはやがてベルの音だけでも唾液の分泌を起こすようになった。」



[5] 下線部 (d) について、アメフラシの水管感覚ニューロンに起こる現象を示した以下の流れを読み、下の問1)～3)に答えなさい。

促通性介在ニューロン (図9) から放出されたセロトニンが、水管感覚ニューロンの軸索末端にある受容体に結合 → (あ) → (い) → 活動電位持続時間の延長 → (う) → 神経伝達物質放出量が増加

上記の流れの結果、えら運動ニューロンの (え) が増大し、同ニューロンの (お) が発生しやすくなる。

1) 空欄 (あ)～(う) に当てはまる現象を以下の (ア)～(シ) から選び、記号で答えなさい。

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| (ア) 脱分極を促進 | (イ) 脱分極を抑制 |
| (ウ) 再分極を促進 | (エ) 再分極を抑制 |
| (オ) Ca^{2+} の流出量が増加 | (カ) Ca^{2+} の流出量が減少 |
| (キ) Ca^{2+} の流入量が増加 | (ク) Ca^{2+} の流入量が減少 |
| (ケ) K^+ チャネルの活性化 | (コ) K^+ チャネルの不活性化 |
| (サ) Na^+ チャネルの活性化 | (シ) Na^+ チャネルの不活性化 |

2) 空欄 (え) および (お) に入る用語を以下の (ス)～(タ) から選び、記号で答えなさい。

- | | |
|----------------|----------------|
| (ス) 静止膜電位 | (セ) 活動電位 |
| (ソ) 興奮性シナプス後電位 | (タ) 抑制性シナプス後電位 |

3) シナプス後ニューロンに興奮が発生するためには、その電位変化が閾値に達する必要があるが、通常はシナプス前ニューロンからの単一の伝達では閾値に達しない。本例のアメフラシの反射亢進は、シナプス後ニューロンに興奮を生じさせるパターン^{いっきち}の1つと考えられる。この他に、シナプス後ニューロンの電位変化が閾値に達するパターンとして、シナプスにおける空間的加重と時間的加重が知られている。空間的加重と時間的加重について、両者の違いを明確にして2行以内で説明しなさい。

以上

