

生 物

I. タマネギを用いた次の実験や体細胞分裂に関する以下の間に答えよ。(解答番号 ~)

タマネギのりん茎の底部を水につけて発根させた後、根の先端部 1 cm を切り取った。切り取った根の先端部に、以下の(1)から(6)の操作を順に行なって標本を作製し、顕微鏡で観察した。

- (1) カルノア液 (酢酸とエチルアルコールを混ぜたもの) に 10~15 分ほど入れた後、取り出した。
- (2) 60℃に温めた 4% 塩酸に数分間浸した後、蒸留水に移した。
- (3) スライドガラス上にのせた後、柄付き針で組織をほぐした。
- (4) 酢酸オルセイン溶液を 1~2 滴加えて、数分間放置した。
- (5) カバーガラスをかけた。
- (6) ろ紙片をカバーガラスの上に乗せて、親指でその上から力を加えて押しつぶした。

問 1. 右図は切り取った根の先端部を縦断したものを表している。体細胞分裂が行なわれているのはア~エのどの部分か、1 つ選べ。



問 2. 植物の根や茎の先端部にある体細胞分裂が盛んに行なわれている組織を何と呼ぶか。以下のア~コの中から 1 つ選べ。

- ア. 茎頂分裂組織 イ. 根端分裂組織 ウ. 頂端分裂組織 エ. 茎頂成長組織
- オ. 根端成長組織 カ. 頂端成長組織 キ. 形成層 ク. 海綿状組織
- ケ. 通道組織 コ. さく状組織

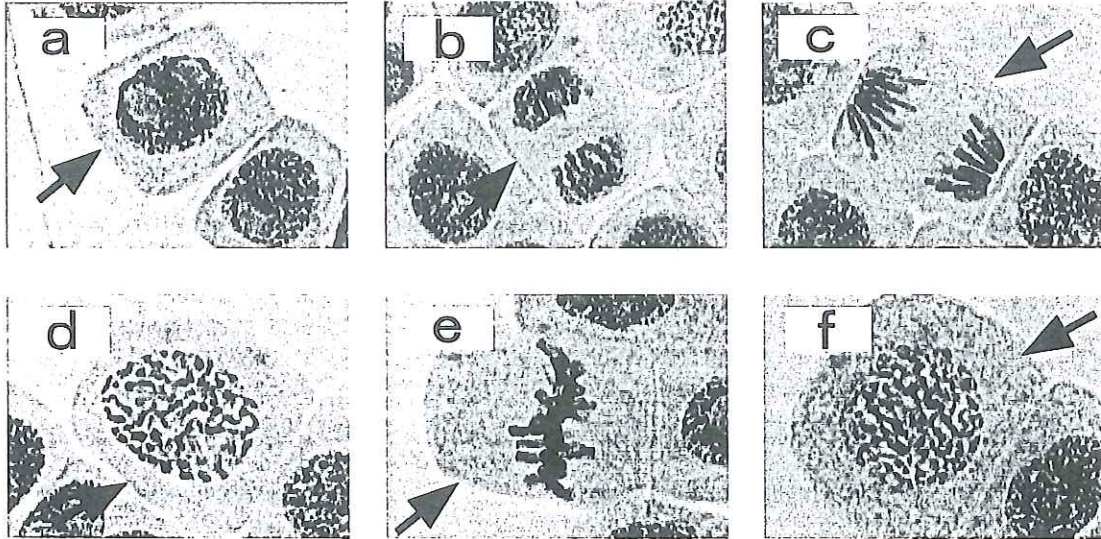
問 3. (2)、(4)、(6)の操作のどれか 1 つを行なわずに標本をつくり顕微鏡で観察したところ、次の様な問題が生じた。それぞれどの操作を行なわなかったのだろうか。以下のア~カの中から最も妥当なものを 1 つ選べ。

3-1) 細胞が重なり合ってよく見えない

3-2) 無色透明でよく見えない

- ア. (2) イ. (4) ウ. (6) エ. (2)あるいは(4) オ. (2)あるいは(6)
- カ. (4)あるいは(6)

問4. 標本を観察したところ、体細胞分裂している細胞は標本のごく一部の領域にしか見られず、それ以外の大部分の領域では分裂していない細胞ばかりだった。分裂している細胞が見られる領域では次の a～f のような像（矢印の細胞）が観察された。それぞれ、以下のア～オのどの時期に当たるか。最も妥当なものを1つ選べ。なお、ア～オのいずれも a～f のどれかに該当する。



a : 、 b : 、 c : 、 d : 、 e : 、 f :

ア. 分裂期の前期 イ. 分裂期中期 ウ. 分裂期後期 エ. 分裂期終期 オ. 間期

問5. 前問の a～f のうち、細胞1個あたりの核の DNA 量が最も少ない可能性のあるものはどれか。以下のア～カの中から1つ選べ。

ア. a イ. b ウ. c エ. d オ. e カ. f

問6. 分裂している細胞の見られる領域から全く見られない領域まで視野を動かして観察し、それらの領域での視野に見られる分裂期各期の細胞や分裂していない細胞の数をそれぞれカウントし合計したところ、次の表のような結果となった。また、タマネギ根端で体細胞分裂を盛んに行なっている組織の細胞の分裂期の長さを文献で調べたところ、83分であるとわかった。この値と表の結果を元にして前期の長さを求めようと考えた。以下のア～オの中から最も妥当なものを1つ選べ。ただし、タマネギ根端で体細胞分裂を盛んに行なっている組織では、いずれの細胞も互いに関係なくばらばらのタイミングで分裂している。 12

	前期の細胞	中期の細胞	後期の細胞	終期の細胞	分裂していない細胞
細胞数	138	14	5	7	1982

- ア. 前期の長さは約5分と計算される
- イ. 前期の長さは約13分と計算される
- ウ. 前期の長さは約70分と計算される
- エ. 前期の長さは約138分と計算される
- オ. これらの情報からは前期の長さはわからない

問7. 前問の表の結果と文献で調べた分裂期の長さを元に、タマネギ根端で体細胞分裂を盛んに行なっている組織の細胞の細胞周期の長さを求めようと考えた。以下のア～オの中から最も妥当なものを1つ選べ。 13

- ア. 細胞周期の長さは約90分と計算される
- イ. 細胞周期の長さは約1086分と計算される
- ウ. 細胞周期の長さは約1291分と計算される
- エ. 細胞周期の長さは約1982分と計算される
- オ. これらの情報からは細胞周期の長さはわからない

問8. 顕微鏡で観察している細胞の実際の大きさを知ろうと考えた。以下のア～エの中から最も妥当なものを1つ選べ。 14

- ア. 接眼マイクロメーターを顕微鏡の接眼レンズに入れた状態で標本を観察し、細胞の大きさが接眼マイクロメーターの何目盛りに相当するかを調べる。次に、接眼レンズから接眼マイクロメーターを取り出し、取り出した接眼マイクロメーターの目盛りを定規で測定し、マイクロメーターの1目盛りの大きさを計算する。この値に顕微鏡で観察した目盛りの値をかけて、細胞の大きさを計算する。
- イ. 顕微鏡の横に定規を置いて、左目で顕微鏡の接眼レンズをのぞき右目で定規を見て、顕微鏡で観察している細胞を定規の目盛りと比べることで細胞の大きさを測定する。測定した値を観察時の顕微鏡の倍率で割ることにより、実際の細胞の大きさを計算する。
- ウ. 顕微鏡にデジタルカメラをセットし、テレビにつなげて観察している標本の像がテレビに写るようにする。テレビの画面上で細胞の大きさを定規で測定し、観察時の顕微鏡の倍率で割ることにより、実際の細胞の大きさを計算する。
- エ. ア～ウの方法では細胞の大きさを知ることができない。

問 9. DNA 合成期の細胞に ^3H チミン（*）を含むヌクレオチドを与えると、DNA の新しいヌクレオチド鎖の合成に利用され ^3H チミンを含む新しいヌクレオチド鎖ができる。DNA 合成期に ^3H チミンを含むヌクレオチドを与えた細胞が体細胞分裂を行なって、2 個の娘細胞ができた。この娘細胞の DNA 合成期の前の核 1 個中の DNA に含まれる ^3H チミンの量は、DNA 合成期直後の親の細胞の核 1 個中の DNA に含まれる ^3H チミンの量の何倍か。以下のア～オの中から最も妥当なものを 1 つ選べ。（*： ^3H チミンは放射性同位元素である ^3H [三重水素] を含むチミンで、通常の水素原子を持つチミンと同じ化学的性質を持つ。） 15

- ア. 0.1 倍 イ. 0.5 倍 ウ. 1 倍 エ. 1.5 倍 オ. 2 倍

問 10. 前問の 2 個の娘細胞が分裂期中期になって染色体が形成された時、この 2 個の細胞の染色体全てのうち、 ^3H チミンを含む染色体と ^3H チミンを含まない染色体の数の比はどのようなものであるか。以下のア～オの中から最も妥当なものを 1 つ選べ。ただし、娘細胞には ^3H チミンを含むヌクレオチドは与えないものとする。 16

- ア. 含む染色体：含まない染色体 = 1 : 0 イ. 含む染色体：含まない染色体 = 3 : 1
 ウ. 含む染色体：含まない染色体 = 1 : 1 エ. 含む染色体：含まない染色体 = 1 : 3
 オ. 含む染色体：含まない染色体 = 0 : 1

問 11. 前問の娘細胞がさらに体細胞分裂を行なって、元の親細胞の孫細胞に相当する計 4 個の細胞ができた。この孫細胞に相当する 4 個の細胞が分裂期中期になって染色体が形成された時、この 4 個の細胞の染色体全てのうち、 ^3H チミンを含む染色体と ^3H チミンを含まない染色体の数の比はどのようなものであるか。以下のア～オの中から最も妥当なものを 1 つ選べ。ただし、娘細胞や孫細胞には ^3H チミンを含むヌクレオチドは与えないものとする。 17

- ア. 含む染色体：含まない染色体 = 1 : 0 イ. 含む染色体：含まない染色体 = 3 : 1
 ウ. 含む染色体：含まない染色体 = 1 : 1 エ. 含む染色体：含まない染色体 = 1 : 3
 オ. 含む染色体：含まない染色体 = 0 : 1

《マークシートへの解答はここまで》

II. 下の文章を読み、以下の間に答えよ。

水中にすむ多くの無脊ついで動物や魚類・両生類などでは、卵や精子を水中に放出する **a** を行なう。受精の研究は、観察が容易なこうした動物について行なわれたものが多い。

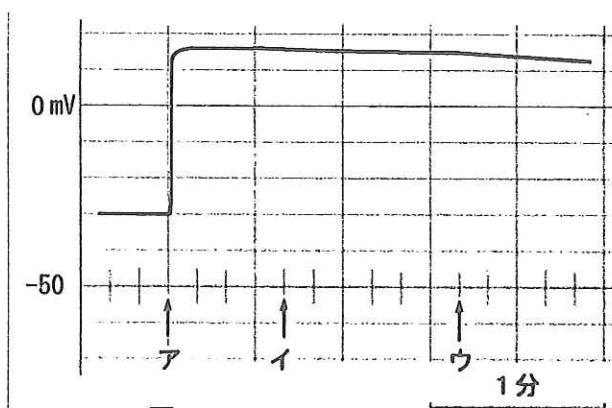
無脊ついで動物のうち、ウニやヒトデなどの **b** では、最初の精子の前端が卵の細胞膜の外側に貼りついている卵膜を通過して細胞膜に達すると、やがてその位置から卵膜が細胞膜から離れて盛り上がり始め、それが卵全体に広がる。細胞膜から離れた卵膜を受精膜といい、受精膜は卵膜とは性質が変わり、精子を通過させない。ヒトデでは、受精膜の形成は最初の精子が卵膜に到着してから約40秒後に始まり、それから約1分後には受精膜が卵の細胞膜の表面全体を包むようになる。そうなるると他の精子はもう卵の細胞膜に達することができない。複数の精子が卵内に進入することを多精というが、多精が起こると発生が正常に進まない。受精膜は多精を防ぐ働きをしている。

実際には、受精膜が卵の細胞膜の表面全体を包む以前に2番目以降の精子が卵の細胞膜に達することがあるが、ほとんどの場合卵内に進入する精子は最初の1個だけであり（これを単精という）、多精は滅多に起こらない。最初の精子が卵膜に到着してから受精膜が卵の細胞膜の表面全体を包むまでの間は、卵は受精膜とは (A) 別のしくみにより多精を防いでいる と考えられる。

実験 1

放卵されてすぐのヒトデの卵を少量の海水とともにペトリ皿に入れ、顕微鏡で観察しながら卵にごく細い電極を刺して細胞膜内外の電位差（膜電位）を測定した。この方法で多数の卵について膜電位を測定したところ、細胞膜の内側が外側の海水より低い値を示し、約-30mVであった。これは、動物細胞一般に見られる **c** 電位に相当すると考えられる。

ペトリ皿の端から精子を含む液を与えて、卵を顕微鏡で観察するとともに、精子が卵膜に到着する前後の卵の膜電位を測定した。精子の濃度は、最初の精子が卵膜に到着した後、精子が約5秒間隔で次々に到着するように調整してある。



- ア：最初の精子が卵膜に到着する
- イ：受精膜の形成が始まる
- ウ：受精膜が卵の細胞膜の表面全体を包む

図 1

膜電位の変化は図1のようになった。受精膜が卵の細胞膜の表面全体を包むまでに2番目以降の精子が何個か卵膜に到着していたが、卵内に進入することのできた精子は最初の精子だけ、すなわち受精卵は単精で、その後正常な卵割を行なった。

実験 2

放卵されてすぐの卵をペトリ皿に入れ、卵に電極を刺し、これを通してごく弱い電流を流すと、卵の膜電位をいろいろな高さに変えることができる。この膜電位の変更が細胞膜の他の性質や受精膜の形成などの卵の性質には何ら影響を及ぼさないことが確かめられている。卵の膜電位をいろいろな高さにして、精子の卵内への進入の有無を多数の卵について調べ、下の表の結果を得た。精子が進入した卵では、受精膜が正常に形成された。

表 いろいろな高さの膜電位における精子の進入の有無

膜電位 (mV)	-50	-40	-30 正常値	-20	-10	-7	-4	0	+10	+20
精子進入	有り	有り	有り	有り	有り	無し	無し	無し	無し	無し

実験 3

放卵されてすぐの卵を少量の海水とともにペトリ皿に入れ、顕微鏡で観察しながら卵に電極を刺して膜電位を測定したら-30mVであった。実験1と同じ条件に調整した精子を含む液を加えたら、図2アの時点で最初の精子が卵膜に到着し、膜電位の上昇が始まった。ただちに電極を通してごく弱い電流を流し、膜電位の上昇を妨げて膜電位を-20mVに下げ(図2イ)、それを維持した。図2アの時点から20秒後(図2ウ)に電流を切ると膜電位はただちに+15mVに上昇し、その後高い膜電位が維持された。図2アの時点から約40秒後(図2エ)にこの卵に受精膜ができ始め、図2オの時点で卵の細胞膜の表面全体を包んだ。

この卵には複数の精子が進入していて、卵は異常な卵割を示した。

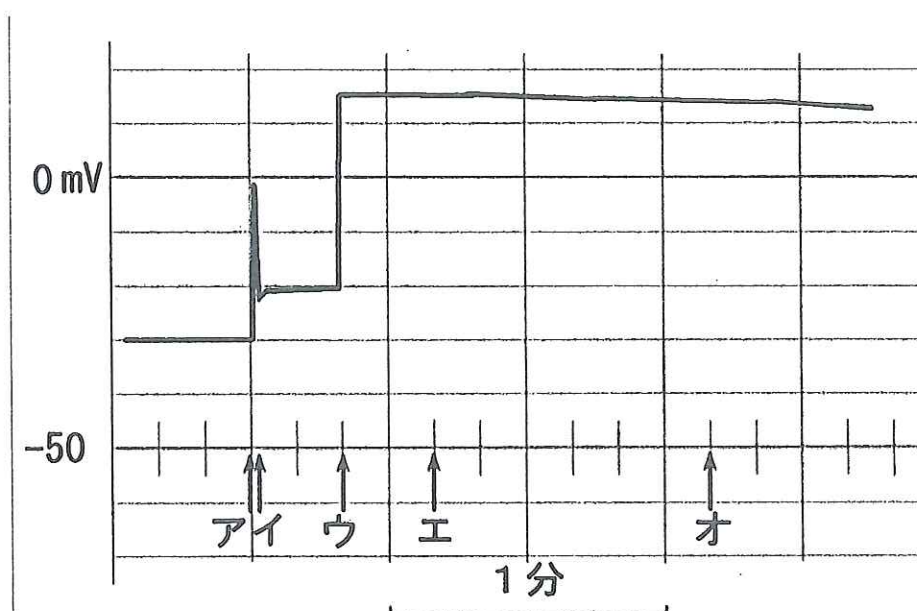


図 2

問1. 文中の空欄 a ~ c に入る適切な語を書け。ただし、b は系統樹における分類群の名称である。

問2. 動物の精子がもつ下のイ~ニの特徴あるいは働きをもつ構造の名称を答えよ。

イ: ゴルジ体から形成される

ロ: 遺伝情報を含む

ハ: 高エネルギー物質を産生する

ニ: 水中を泳ぐための運動器官である

問3. 実験3に関連して、下のイ~ホの可能性を考えた。この中からもつとも可能性が低いと考えられるものを1つ選び、記号で答えよ。ただし、実験1、2の結果を踏まえた上で考えよ。なお、選択肢ハ、ニ、ホは、実験3の条件や操作を一部変更して、あらたな実験を行なった場合に得られる結果についての可能性を記している（記載されている変更以外の条件や操作は実験3と同じである）。

イ. 実験3の卵が多精となったのは、膜電位の変化を測定するために卵に電極を刺したことによる

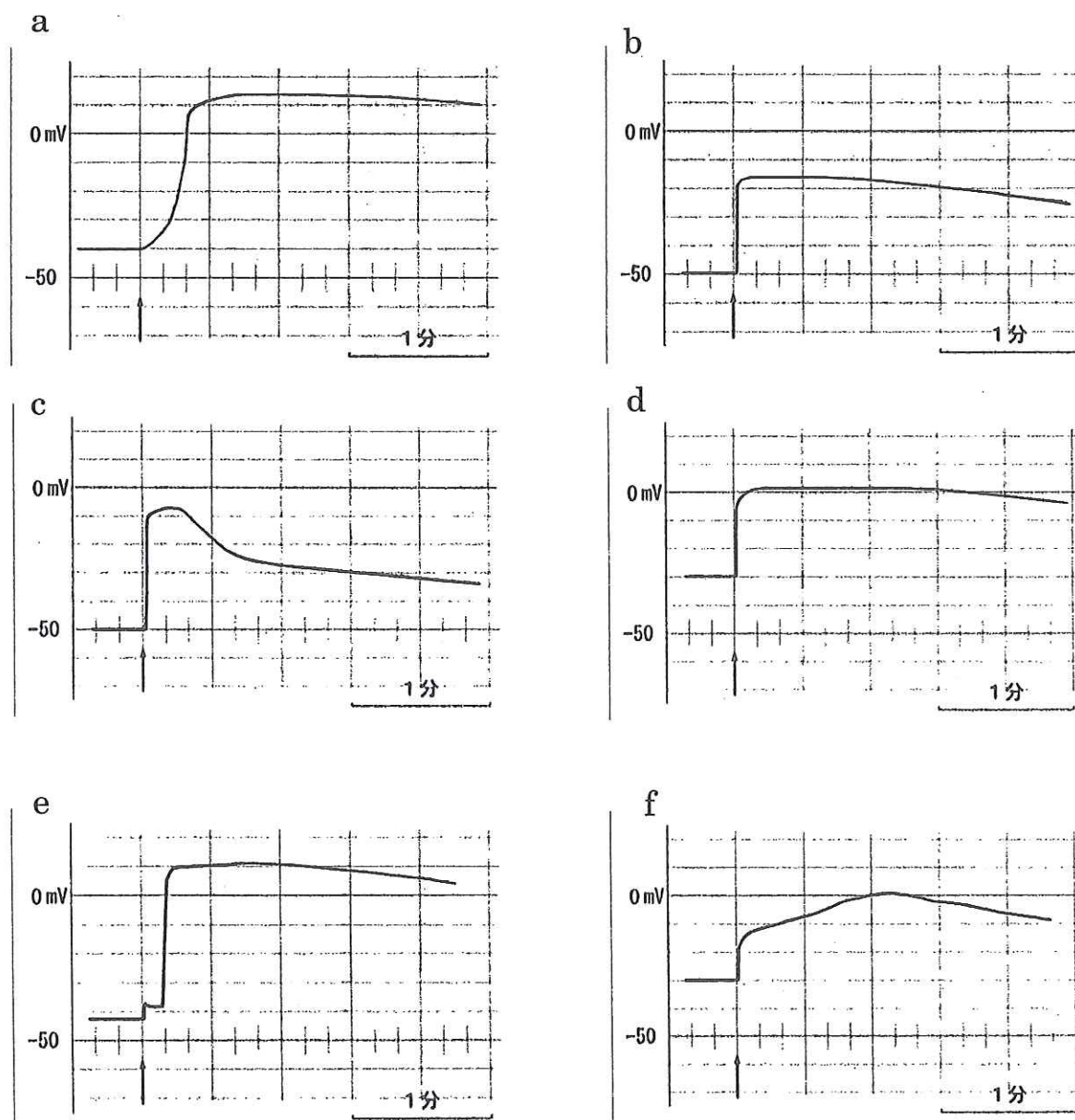
ロ. 実験3の卵における受精膜の形成は、最初の精子の到着が引き金となって起こった

ハ. 精子が約25秒間隔で卵膜に到着するように条件を変えると単精となる

ニ. 図2イからウの間の膜電位を -7mV に維持するように条件を変えると単精となる

ホ. 図2イで膜電位をいったん -20mV に下げた時にただちに電流を切るように条件を変えると、単精となる

問4. 卵巣から放出されてから時間が経ったヒトデの卵は、多精となることが多い。下のa～fはそうした卵を含むいろいろな卵における、最初の精子が卵膜に到着した時から後の卵の膜電位の変化を示している。それぞれの場合について、イ：単精、ロ：多精のうち、どちらの可能性が高いか。適切な方を選び記号で答えよ。図中の矢印は最初の精子が卵膜に到着した時を表す。膜電位の測定法、精子の濃度や与え方などの条件は実験1と同じである。精子が卵に進入できる卵の膜電位は実験2の結果と同じとする。また、受精膜の性質および受精膜形成の時間経過は正常であるとする。



問5. 文中の下線部(A)にあるように、ヒトデの卵で多精が滅多に起きないのは、受精膜が卵の細胞膜の表面全体を包む以前に、どのようなことが起こるからであると考えられるか、述べよ。

Ⅲ. 次の文を読み、下の各問に答えよ。

恒温動物であるヒトには、体温を一定に保つしくみが備わっている。体は、つねに熱を産生しているが、産生したのと同じだけの熱を体外へ排出しているのである。熱は、体表や呼吸器から水分が蒸発するときの気化熱のほか、体表からの放射（輻射）や外気などへの伝導や、尿や便に含まれる熱として体外へ排出される。これらのうち、平常の生活を営んでいるときにもっとも割合が大きいのは気化熱である。外気温がとくに高くなければ、分泌された汗はすみやかに蒸発するので体表が汗で濡（ぬ）れることはなく、こういう発汗を不感蒸泄（じょうせつ）という。

外気温が暑くも寒くもない範囲内であって運動を行っていないときであれば、産熱は大きく変動することはない。産熱につりあうようにおもに排熱が調節される。外気温が高めるときは体表近くの血管を流れる血流量が増加し、逆に外気温が低めるときは体表近くの血流量が減少する。

外気温が低めるときは、外気に冷やされて体表温は下がり、放射（輻射）が減少するとともに外気との温度差が小さくなって伝導による排熱も減少する。四肢や首では冷えた血液が流れる静脈を、これと隣接して対向して流れる動脈が温めるため、脳や心臓など生命維持に重要な臓器がある体の深部の温度はあまり下がることはない。このように、実際にほぼ一定に保たれているのは体の深部の温度であり（これを核心温という）、体表や四肢など、末梢の温度は条件によってさまざまに変化する（図1を参照）。

さらに外気温が下がると、排熱の調節に加えて体内で積極的な熱産生が行われる。たとえば、筋肉による産熱はふるえや意図的な運動によって行われる。外気温が0℃を下回るときは体表の組織が凍って凍傷になることがある。また、産熱の増大によっても核心温の低下を防げない場合は、意識を失い、死に至ることになる。

一方、外気温が高いと、体表近くの血管を流れる血流量が増加するとともに、発汗が増加して汗が体表を濡らすようになる。こういうときは、体表からの排熱を妨げる着衣を減らしたり、水分の気化を促すように風にあたるなどの排熱を促す行動をとる。冷やした飲み物を飲むことで直接体を冷やそうと試みたりもする。同様のことは、外気温はそれほど高くなくても運動を行っているときにも起きる。外気温が限界を超えて高いときや、激しい運動を続けたときは排熱が間に合わなくなる。運動中であればその運動を緩和もしくは中止することで産熱を減らすことができるが、運動中ではなくただ外気温が限界を超えて高いときには、もはや体の調節機能では体温を保つことができなくなり、核心温が上昇し、ひどい場合は死に至る。

汗腺で汗がつくられるとき、汗腺中に濾（こ）しだされた液体から塩分が再吸収されることから、汗に含まれる塩分濃度は体液の塩分濃度よりも極めて低いのが普通である。しかし、激しく発汗すると、

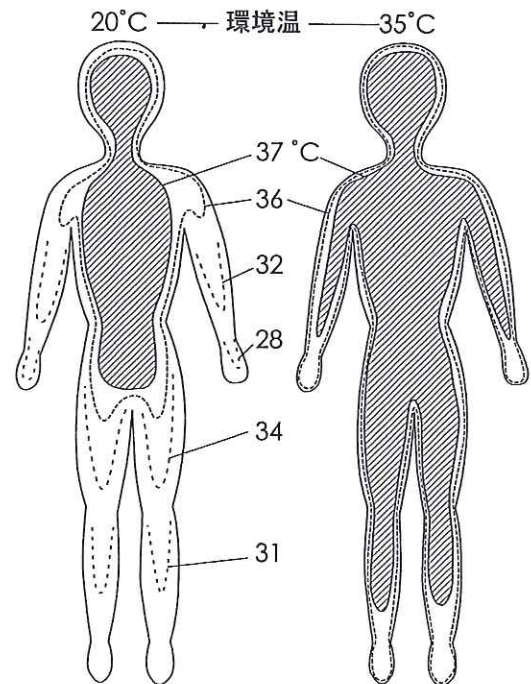


図1. 環境温が20℃と35℃のときの体の内部の温度分布。

汗腺における (A) ナトリウムの再吸収が間に合わなくなって、汗の塩分濃度が高くなる。激しい運動の後、汗に含まれていた塩分が結晶して体表が粉をふいたように白くなることがあるのはこのためである。

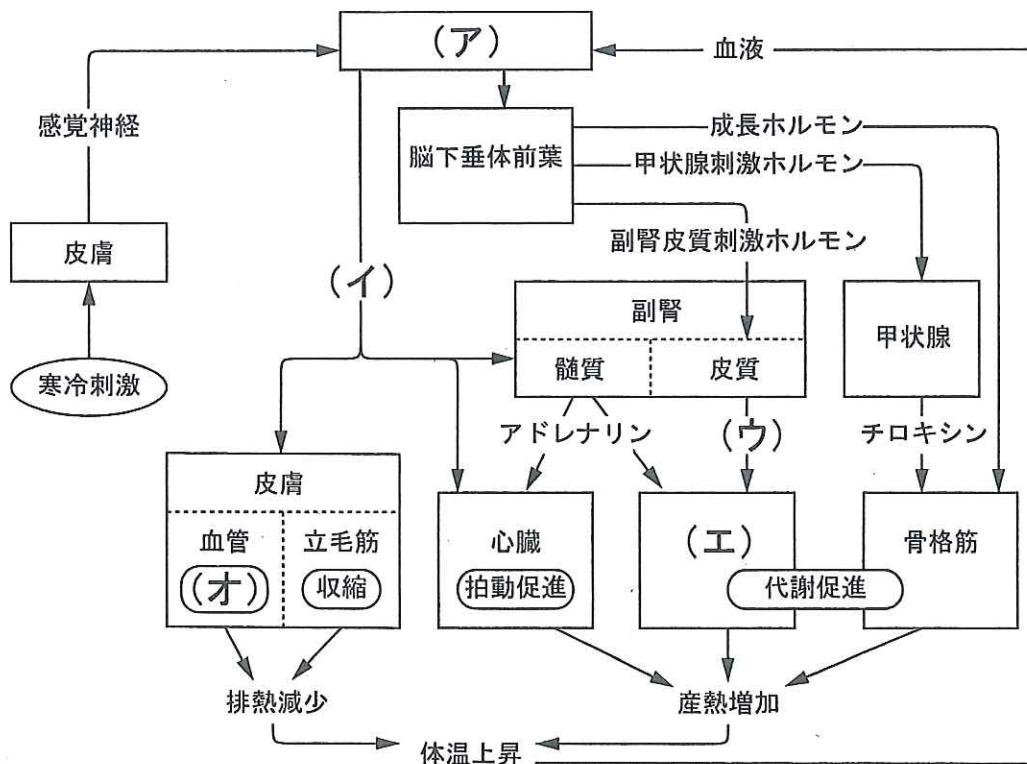


図2. 寒冷時における体の反応. ただし、運動神経に関するものは描かれていない.

問1. 図2の中の (ア) ~ (オ) を補うのに適切な用語を答えよ。

問2. 文中の下線部 (A) について、腎臓に作用して腎臓における下線部 (A) と同じ働きを促進するホルモンの名称と、そのホルモンを分泌する内分泌器官の名称を答えよ。

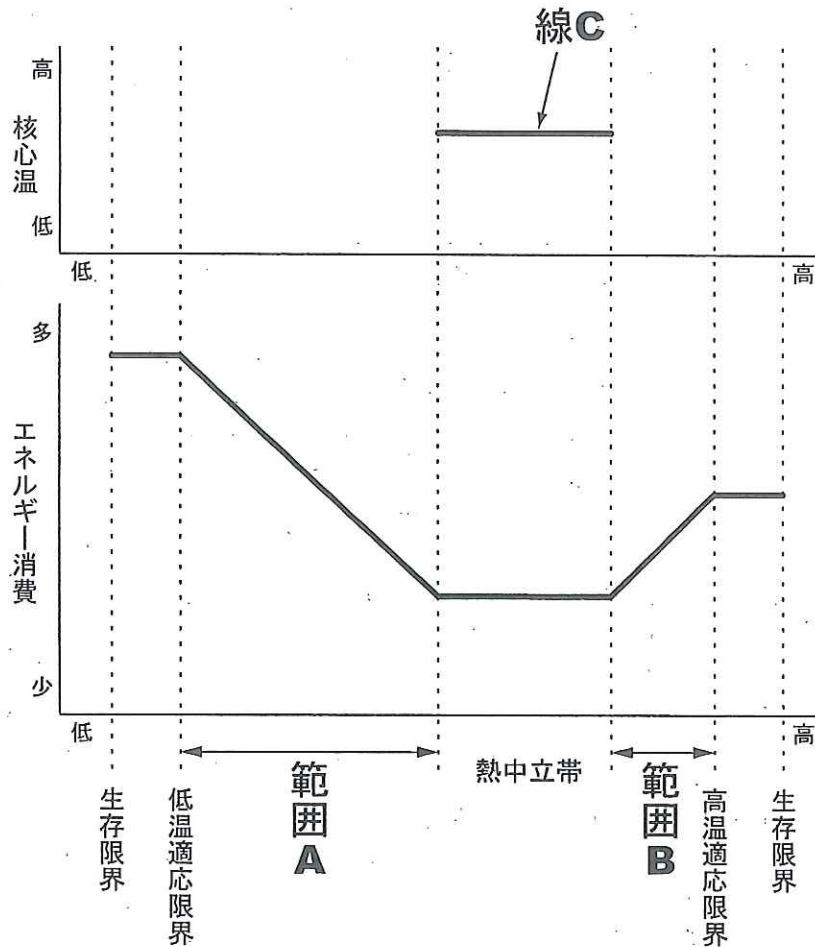


図3. 環境温による体のエネルギー消費（下の図）と核心温（上の図）の変化. グラフの横軸はともに環境温、下の図の縦軸はエネルギー消費、上の図の縦軸は核心温で、いずれも相対値.

問3. 次の(ア)～(ウ)のそれぞれは、図3の中に示した範囲Aと範囲Bのどちらでおもに起きるか。AまたはBの記号で答えよ。AとBのいずれでも同様に起きる場合はABと答えよ。いずれでも起きない場合は「なし」と答えよ。

- (ア) 図中の熱中立帯よりもアドレナリンの血中濃度が高い。
- (イ) 図中の熱中立帯よりもATPの消費量が多い。
- (ウ) 図中の熱中立帯よりも尿の生成量が多い。

問4. 図3内の上の図は、核心温の変化を相対値で表した未完成のグラフである。すでに描かれている線Cは核心温の変化を熱中立帯についてのみ示している。これに線を描き足してグラフを完成させよ。

問5. 風邪をひいて熱があるとき、布団にくるまって体表からの排熱を妨げる一方で、氷のうや水枕で頭部を冷やす。それによって冷やされた血液はそのまま脳内を流れることはなく、首の静脈を通して心臓へ戻る。しかし、この処置は、脳へ向かう血液の温度を下げる効果があるとされる。どのようにして脳へ向かう血液の温度が下がるか述べよ。

問6. 次の文中の空欄 と を補うのに適切なものを、下から選べ。

ヒトの体温調節の目標値（セットポイント）は約37℃であり、核心温がここから外れていればこれに近づけるようなさまざまな反応が起きる。この目標値は変化することがあり、たとえば、風邪を発症して体温調節の目標値が37℃から38℃へ変わったとする。その時点での核心温が37℃だとすると、これは目標値38℃よりも低く、 と同様の反応が起きるため、外気温が.

アの選択肢

- a. 運動時で産熱が増大しているとき
- b. 寒冷下で体が冷やされているとき
- c. 高温下で体が温められているとき

イの選択肢

- a. 低くなくても寒いと感じ、ふるえが起きる
- b. 高くなくても暑いと感じ、汗をかく
- c. 低いにもかかわらず、汗をかく