

筑波大学

平成28年度 個別学力試験問題

理 科 (120分)

人間学群 (教育学類, 心理学類, 障害科学類) ※1科目選択で60分

生命環境学群 (生物学類, 生物資源学類, 地球学類)

※地球学類で地理歴史を選択する者は, 理科1科目と合わせて120分

理工学群 (数学類, 物理学類, 化学類, 応用理工学類, 工学システム学類)

情報学群 (情報科学類)

(知識情報・図書館学類) ※1科目選択で60分

医学群 (医学類, 医療科学類)

(看護学類) ※1科目選択で60分

目 次

物	理	1
化	学	10
生	物	21
地	学	34

注 意

- 1 問題冊子は1ページから41ページまでである。
- 2 受験者は下表の志望する学類の出題科目を解答すること。

学 類	出 題 科 目				備 考
	物理	化学	生物	地学	
教 育 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
心 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
障 害 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
生 物 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
生 物 資 源 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
地 球 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○ 印の中から1科目選択
数 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
物 理 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
化 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
応 用 理 工 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
工 学 シ ス テ ム 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中 から1科目を選択解答
情 報 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
知 識 情 報 ・ 図 書 館 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
医 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
看 護 学 類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答
医 療 科 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答

生 物

I 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)法では、微量の DNA 試料から特定の DNA 断片を大量に増幅することができる。PCR は 2 本鎖 DNA の複製反応であり、DNA ^(a)ポリメラーゼ、プライマーとよばれる短い 1 本鎖 DNA、鋳型となる 2 本鎖 DNA、4 種類の塩基をもつヌクレオチドが必要である。DNA ポリメラーゼは、プライマーの 3' 末端に鋳型 DNA の塩基配列と相補的な塩基をもつヌクレオチドを付け足してゆく。ただし、PCR では鋳型となる 2 本鎖 DNA を 1 本鎖にする変性反応が必要である。PCR 法により DNA 断片が増幅できたかどうかは、^(b)通常寒天ゲルをもちいた電^(c)気泳動により確認する。

サンガー法とよばれる DNA 断片の塩基配列決定法は DNA ポリメラーゼを用いる DNA 複製反応であるが、特殊なヌクレオチドを加える必要がある。この特殊なヌクレオチドは、新たに合成された DNA 鎖に取り込まれると DNA 合成が止まるようにデザインされている。たとえば、4 種類の塩基をもつ通常のヌクレオチドのほかにアデニンをもつ特殊なヌクレオチドを少量加えた反応液中では、様々な箇所^(d)でアデニンをもつ特殊なヌクレオチドが取り込まれ DNA 合成が停止するため、長さの異なる複数の 1 本鎖 DNA が合成される。シトシン、チミン、グアニンについても同様の特殊なヌクレオチドを用意し、それぞれ 1 本鎖 DNA の合成を行う。その後 4 種類の反応液を電気泳動し、DNA 断片の泳動パターンから鋳型 DNA の塩^(d)基配列を決定することができる。

問 1 下線部(a)に関連し、以下の設問(1)と(2)に答えよ。

- (1) PCR には好熱性細菌の DNA ポリメラーゼが使用される。その理由を 30 字以内で記せ。
- (2) PCR により、図 1 に示した塩基配列をもつ 2 本鎖 DNA が増幅されたとする。PCR に使用した 2 種類のプライマーの塩基配列を記せ。ただし、どちらのプライマーも 10 塩基からなるものとする。

5'-CATAAACCCCGATGCACCCCGATGCACCCAGTCCAACGGACGATCTCGAGGACTTCA-3'
3'-GTATTTGGGGCTACGTGGGGCTACGTGGGGTCAGGTTGCCTGCTAGAGCTCCTGAAGT-5'

図 1

問 2 下線部(b)に関連し、以下の設問(1)と(2)に答えよ。

- (1) PCR ではなぜ 2 本鎖 DNA を 1 本鎖にする必要があるのか、その理由を 30 字以内で記せ。
- (2) 図 2 は、ある DNA 断片を増幅する際の、反応温度の時間変化の一部を抜き出したものである。変性反応に相当する部分を図中のア～ウから選び、記号で記せ。

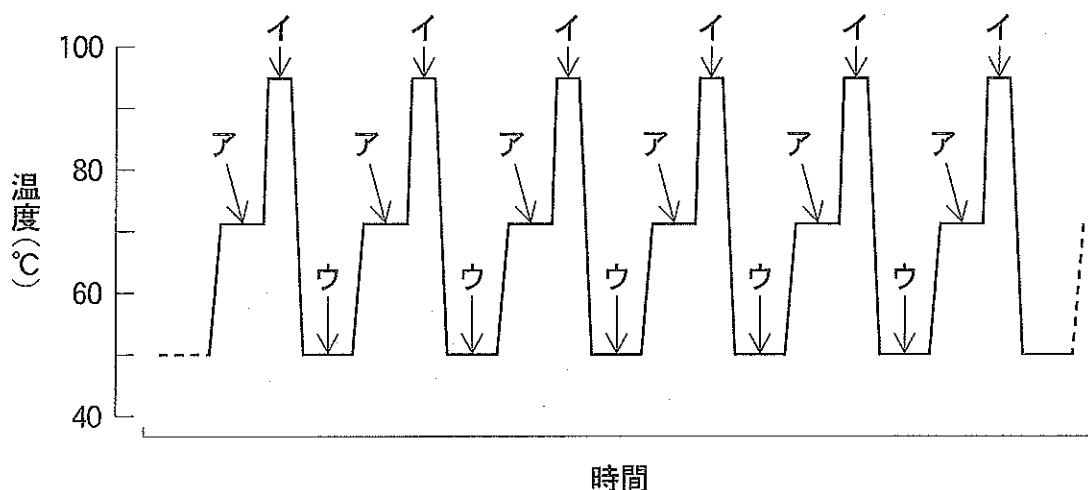


図 2

問 3 下線部(c)に関連し、以下の設問(1)と(2)に答えよ。

(1) 図 3 に示した装置を使い、寒天ゲル中のくぼみ部分に DNA 試料をいれて電気泳動した。寒天ゲル中を DNA 試料はどちらの電極方向へ移動するか、図中の矢印アまたはイで答えよ。またその理由を 20 字以内で記せ。

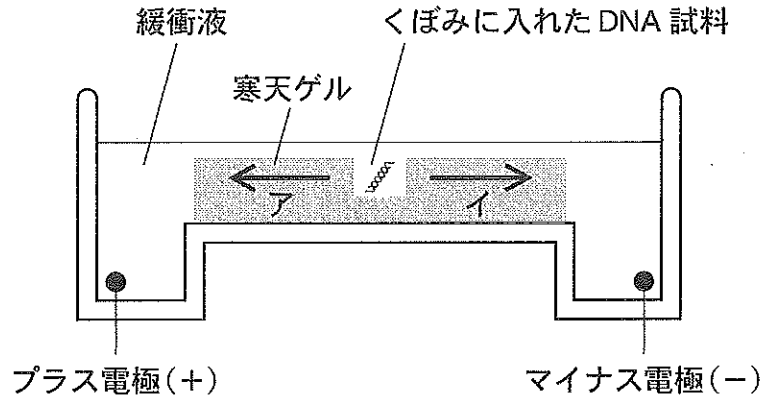


図 3

(2) ある線状 2 本鎖 DNA を制限酵素 (*Hind*III) で完全に切断すると、それぞれ長さの異なる 23130, 9416, 6557, 4361, 2322, 2027, 564, 125 塩基対の DNA 断片が生じた。図 4 は、その反応液を寒天ゲル電気泳動した結果を模式図にしたものである。DNA 断片は染色液で染めたので、8 本の白いバンドとして見える。4361 塩基対の DNA 断片は、図中のどのバンドに対応するか。ア～クから選び、記号で記せ。

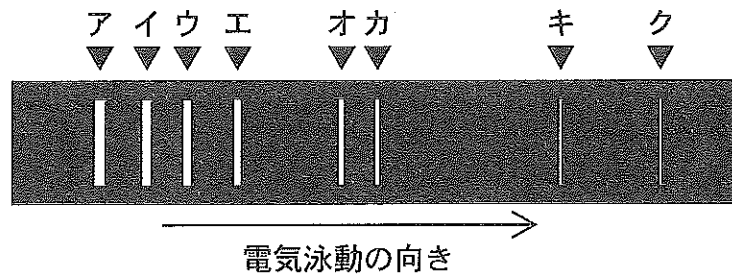


図 4

問 4 下線部(d)に関連し、以下の設問(1)と(2)に答えよ。ただしこの問題文と図中では、DNA 鎖に取り込まれると DNA 合成が停止する、アデニン(A)、シトシン(C)、チミン(T)、グアニン(G)をもつ特殊なヌクレオチドを、それぞれ ddA, ddC, ddT, ddG と表記する。

(1) 図 5 は、4 種類の反応液を異なるレーンで電気泳動した結果である。DNA 断片はある方法で可視化してある。この DNA 断片の泳動パターンから読み取ることができる塩基配列を記せ。

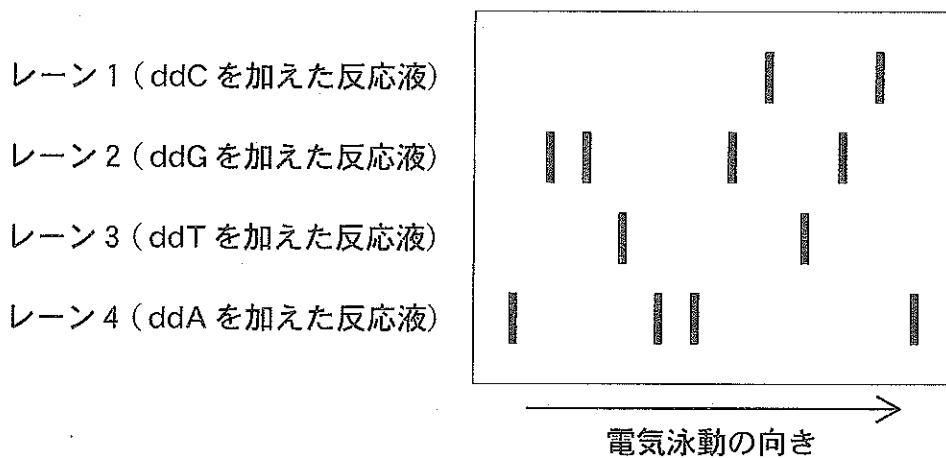


図 5

(2) 図 5 と同じ塩基配列決定実験を繰り返したが、ddC だけを加えるべき反応液に、誤って ddT も加えて反応を行ってしまった。この失敗に気づかず、1 回目の実験と同様に 4 種類の反応液を電気泳動した場合、図 5 にはない DNA のバンドが現れた。2 回目の実験で新たに現れるバンドを、解答欄の図中にすべて書き加えよ。

II 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

植物の成長や環境への応答には様々な植物ホルモンが関わっている。中でも光屈性や重力屈性に関与するオーキシンは、最も研究の進んでいる植物ホルモンの一つである。植物の茎においてオーキシンは先端側から基部側へ一方向に移動して^(a)おり、維管束の柔細胞がその通り道として機能していることが知られている。その際、オーキシンは細胞内への取りこみと細胞外への排出を繰り返しながら移動して^(b)いく。

植物が合成する天然のオーキシンは、インドール酢酸(IAA)である。IAAはpHに依存して可逆的にイオン型と非イオン型の形態をとる。すなわち、pHが5付近である細胞外環境下ではイオン型IAAと非イオン型IAAの両方の形態で存在しているが、細胞内のpH7付近の環境下になるとほぼすべてがイオン型IAAとなる。この特徴は茎の中を先端から基部側へ移動する際も維持されており、細胞内へのIAA取りこみには非イオン型IAAを濃度勾配に従って輸送する経路と、イオン型IAA^(c)をエネルギーを消費して濃度勾配に逆らって輸送する経路^(d)の二つが存在している。また細胞外へイオン型IAAを排出する仕組みはIAAの移動の方向性を決定する一つの要素^(e)となっている。

このようなオーキシンの移動が植物の形態形成に関わっている現象として、側芽^(f)の成長抑制が知られている。この抑制は茎の先端部分が食害などにより失われた場合に解除され、側芽が新たな先端へと変化する。

問1 下線部(a)について、オーキシンのこのような移動のことを何とよぶか、その名称を記せ。

問2 下線部(b)について、以下の設問(1)、(2)に答えよ。

- (1) 細胞膜が、膜そのものの性質や輸送タンパク質の構造によって特定の物質のみを透過させる特性を何とよぶか、その名称を記せ。
- (2) このような細胞への取りこみと排出を介した輸送とは異なり、ある細胞から隣接した細胞へ細胞外を通らずに物質が移動する通り道も知られている。この通り道として使われる構造の名称を記せ。

問 3 IAA の細胞内への取りこみについて、以下の設問(1), (2)に答えよ。

- (1) 下線部(c)のような濃度勾配に従って輸送する方法と、下線部(d)のようなエネルギーを消費して輸送する方法をそれぞれ一般的に何とよぶか、その名称を記せ。
- (2) 非イオン型 IAA またはイオン型 IAA の取りこみについて述べた文章として最も適切なものを以下のア～オから 1 つ選び、記号で記せ。
 - ア. 非イオン型 IAA の取りこみはポンプによって行われる。
 - イ. 非イオン型 IAA の取りこみは細胞外 IAA 濃度の上昇により阻害される。
 - ウ. イオン型 IAA の取りこみはチャネルによって行われる。
 - エ. イオン型 IAA の取りこみには膜タンパク質の立体構造変化がともなう。
 - オ. 非イオン型 IAA の取りこみは膜電位を利用して行われる。

問 4 下線部(e)について、イオン型 IAA は親水性であるため、細胞膜のリン脂質二重層を透過することが困難である。そのため、細胞外に排出するためにはイオン型 IAA に特異的な輸送タンパク質が必要である。IAA が基部側へ方向性をもって輸送される仕組みについて、以下の語を用いて 60 字以内で説明せよ。

イオン型 IAA 輸送タンパク質 細胞膜 基部側

問 5 下線部(f)について、植物がオーキシンの作用により(f)のような現象を示すことを何とよぶか、解答欄に記せ。また、その現象に関わっている植物ホルモンを、オーキシン以外からひとつあげ、その名称を記せ。

Ⅲ 次の文章を読み、以下の間に答えよ。

暖かい海域でみられるイソギンチャクの多くは、触手の刺胞の強い毒を利用して、近寄ってくる小魚をしびれさせて餌にする。ところが、クマノミはイソギンチャクに刺されることなく、イソギンチャクをまるで隠れ家のようにして生活している。イソギンチャクとクマノミの共生関係だけでなく、生物間には様々な相互作用^(a)がある。競争は、食物や生活空間等をめぐり競い合う相互作用である。ある種が、生活空間や食物連鎖等のなかで占める位置を といい、競争は が近いほど生じやすい。競争に負けた種は絶滅し、勝った種だけが生き残ることを という。 は、ゾウリムシとヒメゾウリムシを用いた実験等で確認することができるが、実際の野外では が近い複数の種が共存していることがある。それぞれの種が、食物の種類を違えたり()、生活空間を違えたり()することで、競争を回避していると考えられている。

他にも、捕食-被食関係や寄生などの生物間相互作用がある。2種間の生物間相^(b)互作用の様相が他種的作用によって変化することがあり、^(c)これを間接効果とよぶ。

問 1 空欄 ~ に当てはまる最も適切な語を記せ。

問 2 以下のア~オは、イソギンチャクとクマノミに実際にみられる現象である。

下線部(a)に関連して、イソギンチャクとクマノミの共生関係を示す根拠として不適切なものをすべて選び、記号で示せ。

ア. クマノミの排泄物や食べ残しは、イソギンチャク^(a)の食物となっている。

イ. イソギンチャク^(a)の食べ残しは、クマノミの食物となっている。

ウ. イソギンチャク^(a)は、クマノミと一緒にいる方が成長速度が速い。

エ. クマノミは、イソギンチャク^(a)を食べる魚を追い払っている。

オ. クマノミを捕食する魚は、イソギンチャク^(a)も捕食する。

問 3 下線部(b)に関連して、一つの種でも相手によって生物間相互作用の種類が異なることが知られている。下記の図1は、アブラムシ(アリマキ)をめぐる生物間相互作用の様子である。図1中の空欄 ~ に当てはまる最も適切な生物名を、以下のア~クから選び記号で記せ。

- ア. 根粒菌 イ. テントウムシ ウ. ハムシ エ. ダニ
 オ. シロアリ カ. ソラマメ キ. ミツバチ ク. アリ

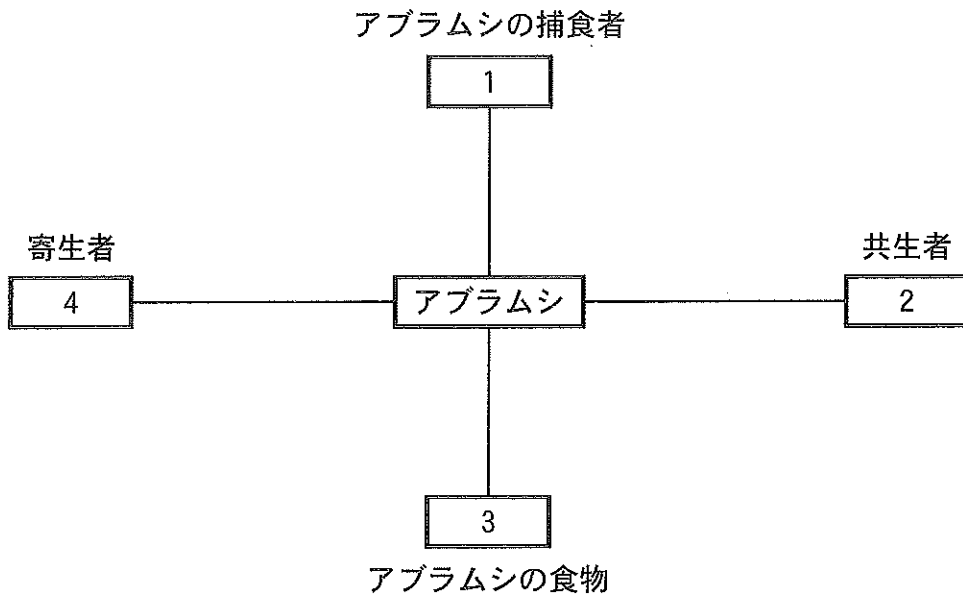


図1 アブラムシをめぐる4つの生物間相互作用

問 4 下線部(c)に関連し、北米の砂漠に生息するげっ歯類とアリ、さらにげっ歯類とアリの食物である植物 A と植物 B に関する野外実験を行った。この実験では、げっ歯類を排除した区(処理区)を設置し、処理区内のアリのコロニー数、植物 A と植物 B の生物量を調べた(図 2)。このげっ歯類とアリは、ともに種子を食べるという意味で競争関係にある。しかし、種子の嗜好性が異なっており、げっ歯類は種子を全般的に食べるものの、特に大きいサイズの植物(植物 A)の種子を好んで食べる。一方のアリは、小さいサイズの植物(植物 B)の小さな種子のみを食べる。これらをふまえて、以下の設問(1)、(2)に答えよ。なお、この実験期間の処理区外のげっ歯類、アリ、植物 A と植物 B の生物量はほぼ一定だったとする。

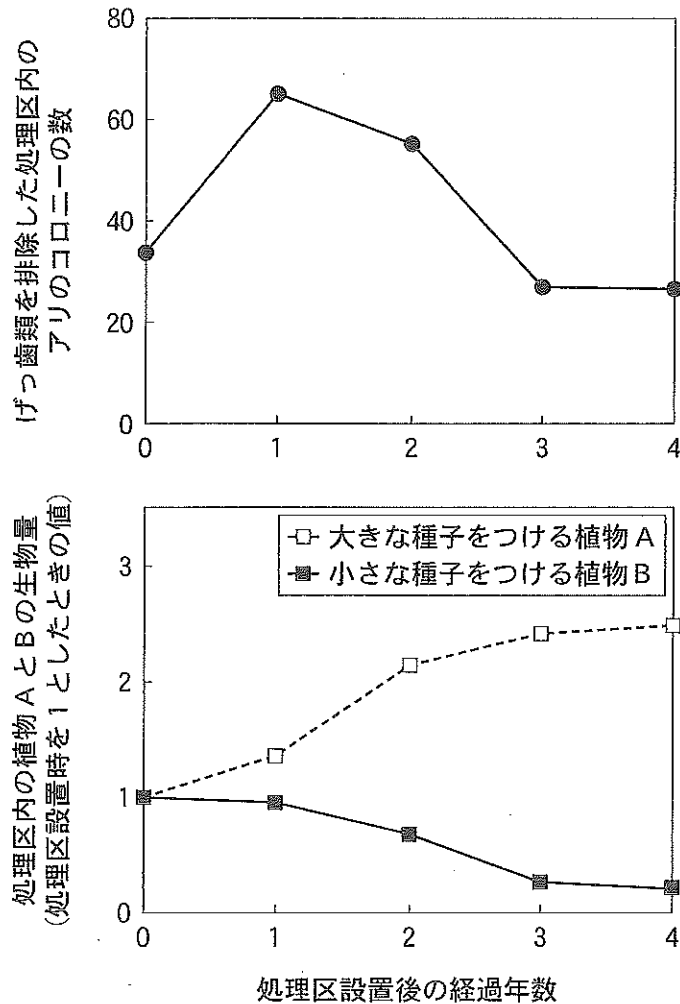


図 2 げっ歯類を除去した処理区のアリのコロニー数(上)と植物 A と植物 B の生物量の時間変化(下)

(1) 植物 A と植物 B の生物間相互作用を何とつか。以下のア～オから 1 つ
選り記号で記せ。また、そう考えた理由を 60 字以内で記せ。

ア. 片利共生 イ. 相利共生 ウ. 競争
エ. 捕食-被食関係 オ. 中立

(2) 図 2 のグラフのように、処理区におけるアリのコロニー数は、実験開始後
に増加した後に減少した。直接的な競争相手であるげっ歯類を除いたにもか
かわらず、アリのコロニー数が減少に転じたのは、げっ歯類がアリのコロ
ニー数の維持に貢献していたからと考えられる。げっ歯類がアリのコロニー
数の維持にどのように貢献していたのか、以下の 4 つの語を用いて 60 字以
内で記せ。

げっ歯類 アリ 植物 A 植物 B

IV 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

細胞運動にはたらく細胞骨格は、繊維状に重合したタンパク質とそれに作用するモータータンパク質から構成される。たとえば、筋運動はアクチンフィラメントと^(b)ミオシン^(a)(モータータンパク質の一種)からなるフィラメントの間で滑り運動が起きることで生じる。また、精子のべん毛運動^(c)は、チューブリンが重合して形成された微小管にダイニン(モータータンパク質の一種)が作用して、微小管が周期的に屈曲することにより生じる。細胞骨格は、細胞内の物質輸送においても重要な役割を担う。

神経細胞(ニューロン)は、複雑に枝分かれした樹状突起と細長い軸索が、核を含む細胞体から突き出した形状をとる。ニューロンによっては、軸索の長さが1メートル^(d)にも達するものがある。ニューロンにおいてリボソームは細胞体にあり、軸索や神経終末にはない。軸索内には、微小管が軸索の長軸方向に平行に分布しており、この上をミトコンドリアやリソソーム^(e)などの細胞小器官や小胞膜、およびタンパク質などの生体分子が運搬される。これを軸索輸送という。細胞体から神経終末に向かう軸索輸送を順行輸送、それと反対方向の軸索輸送を逆行輸送とよび、どちらもニューロンの細胞機能を発現・維持するために欠かせない。これらの軸索輸送には、ダイニンやキネシン(微小管に作用するモータータンパク質の一種)がはたらく。キネシンによる微小管上の輸送方向は、ダイニンによる輸送方向と逆である。軸索輸送にはたらくモータータンパク質と輸送される細胞小器官の関係を調べるために、以下の実験をおこなった。

[実験] マウスのニューロンの軸索を、図1に示すように太い矢印の部分において糸で縛り、物質輸送を抑制した。数時間後、この部分に近接する細胞体側(A)と神経終末側(B)、およびそれらと離れた領域(CとD)において、細胞小器官とモータータンパク質の存在量について調べた。

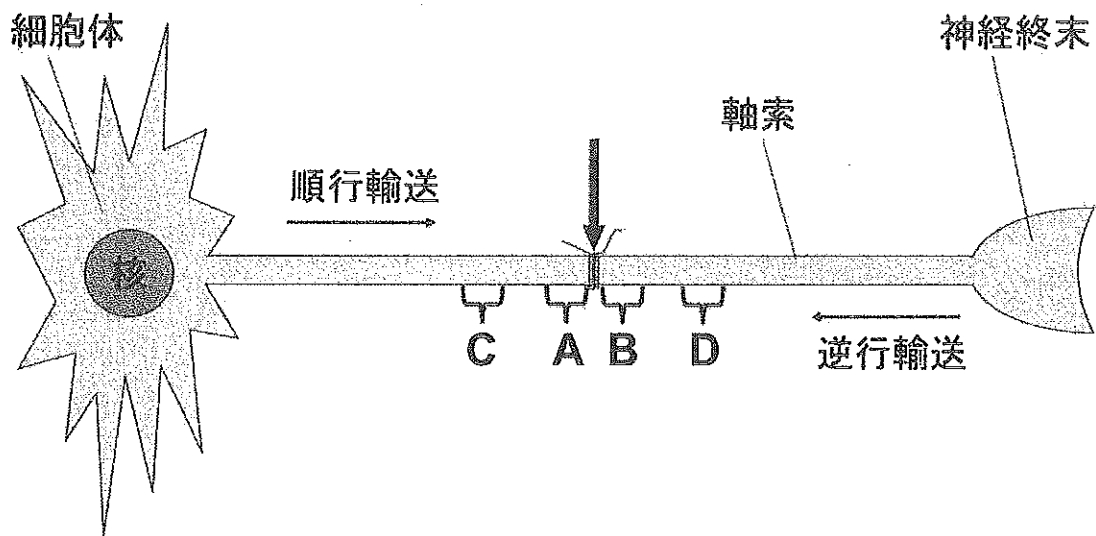


図1

[結果] ミトコンドリアはCやDと比べてAとBの両方に多く蓄積していた。リソソームはA, C, Dと比べてBに最も多く蓄積していた。このとき、キネシンはAに最も多く蓄積していたが、ダイニンはAとBの両方に多く蓄積していた。これらの関係を不等号で比較したものを表1に示す。

表1 軸索の各領域にみられる細胞小器官とモータータンパク質の存在量

名称	存在量の比較
ミトコンドリア	(A, B) > (C, D)
リソソーム	B > (A, C, D)
キネシン	A > (B, C, D)
ダイニン	(A, B) > (C, D)

()の中については、その存在量はおおむね等しい

問1 下線部(a)について、モータータンパク質が運動エネルギーを獲得するために加水分解する物質の名称を記せ。

問 2 下線部(b)に関連して、アクチンフィラメントとミオシンが中心的是はたらく現象を以下のア～オから 2 つ選び、記号で記せ。

- ア. ヒト培養細胞の染色体分配
- イ. シャジクモの原形質流動
- ウ. ウニ胚の卵割
- エ. ゾウリムシの繊毛運動
- オ. ミドリムシのべん毛運動

問 3 下線部(c)に関連して、ウニなどの動物の受精では、雄性前核(精核)と雌性前核(卵核)が接近するために、細胞骨格がはたらく。精子から卵に持ち込まれる、この細胞骨格の形成に重要な細胞小器官の名称を記せ。

問 4 下線部(d)に関連して、脊椎動物の軸索は興奮を素早く伝導するために、無脊椎動物にはみられない特徴をもつ。その特徴と伝導のしくみについて、60 字以内で記せ。

問 5 ニューロンの物質輸送について、この実験から導かれる考察として適切なものを、以下のア～オから 1 つ選び、記号で記せ。

- ア. ミトコンドリアを軸索輸送するのはダイニンであり、キネシンではない。
- イ. ミトコンドリアを軸索輸送するのはキネシンであり、ダイニンではない。
- ウ. キネシンは細胞体で合成され、順行輸送にはたらく。
- エ. ダイニンは細胞体で合成され、順行輸送にはたらく。
- オ. ダイニンは神経終末で合成され、逆行輸送にはたらく。

問 6 下線部(e)に関連して、実験の結果とリソソームの性質に基づいて、ニューロンにおけるリソソームのはたらきと輸送のしくみについて考えられることを、80 字以内で記せ。