

2018 年度 入学 試験 問題

理 科

(試験時間 10 : 30 ~ 12 : 10 100 分)

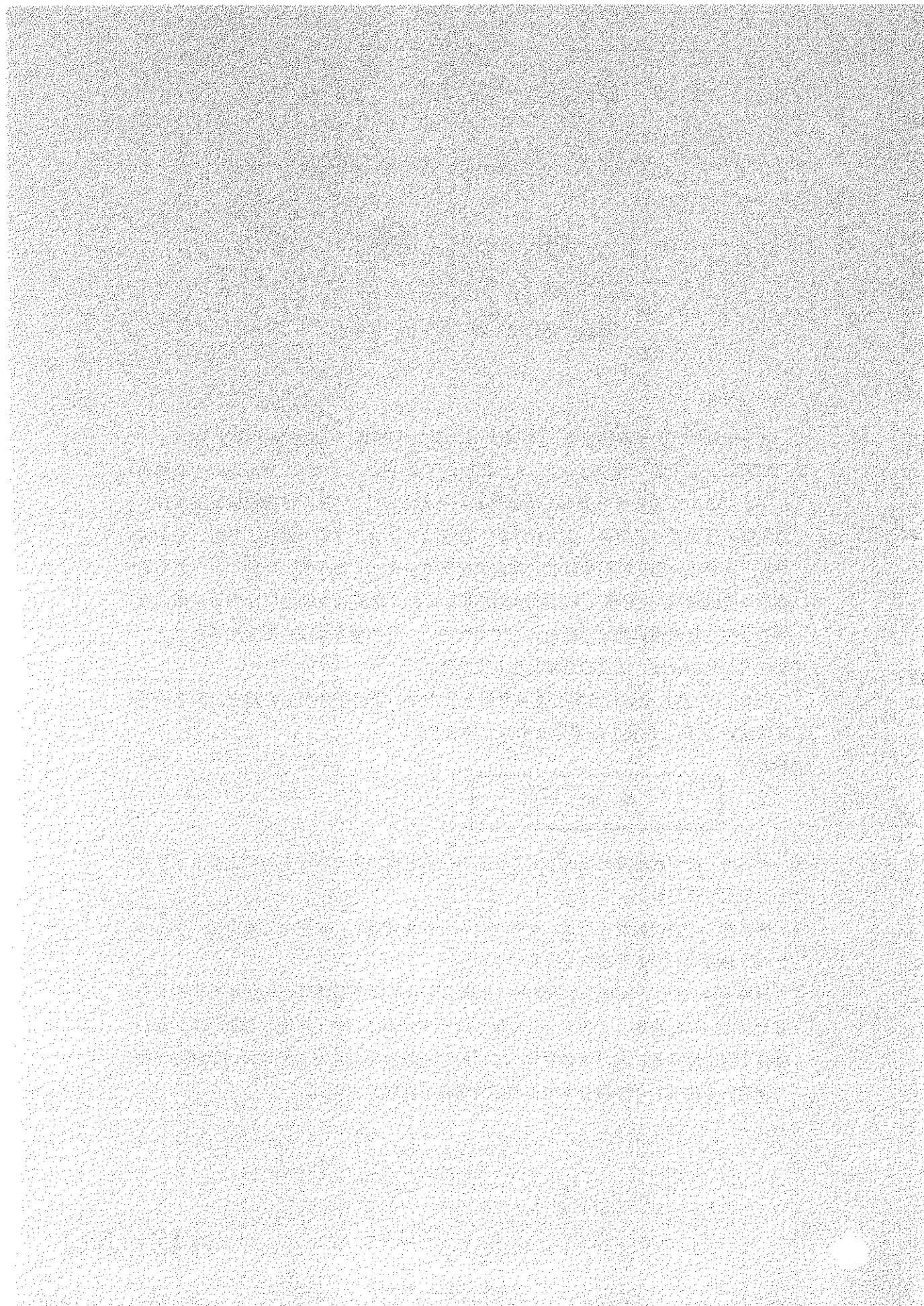
1. 解答用紙は、記述解答用紙（「物理」・「化学」・「生物」の3種類）のみです。
2. 問題は、Ⅰ～Ⅸ（「物理」：Ⅰ～Ⅲ，「化学」：Ⅳ～Ⅵ，「生物」：Ⅶ～Ⅸ）の9題あります。そのうち3題を選択して解答してください。「生物」は精密機械工学科，電気電子情報通信工学科，応用化学科，経営システム工学科，情報工学科，生命科学科，人間総合理工学科受験者のみ選択解答できます。数学科，物理学科，都市環境学科受験者は，「生物」を選択解答できません。選択した問題には解答用紙の設問番号の右側の選択欄に○を記入してください。○の記入がない場合や4題以上○を記入した場合は，採点の対象となりません。

なお，「生物」を選択解答できる学科とできない学科を併願した場合，後者の学科においては，「生物」の解答はすべて無効です。

(記入例)

Ⅰ	選 択	○
---	-----	---

3. 解答は，必ず解答欄に記入してください。解答欄以外に書くと無効となりますので注意してください。
4. 解答は，HBの鉛筆またはシャープペンシルを使用し，訂正する場合は，プラスチック製の消しゴムを使用してください。
5. 解答用紙には，「物理」・「化学」・「生物」すべてに受験番号と氏名を必ず記入してください。（「物理」，「化学」，「生物」のいずれかについて1題も選択していない場合でも受験番号，氏名は必ずすべての解答用紙に記入してください。試験終了後，「物理」・「化学」・「生物」すべての解答用紙を回収します。）



この問題は「生物」の問題です。

数学科，物理学科，都市環境学科においては，「生物」の解答は無効になります。

VII 以下の文章A，Bを読み，問い(1)～(12)に答えなさい。(50点)

A ATPは生物の活動に必要なエネルギーの受け渡しをする物質である。真核生物では酸素を消費して有機物を二酸化炭素にまで分解して得られるエネルギーによってATPを合成する。この反応ではミトコンドリアが重要なはたらきをしている。

ミトコンドリアは，内膜，外膜とよばれる二重の膜で囲まれている。内膜と外膜の間の空間は (ア) とよばれる。内膜に囲まれた部分は (イ) とよばれている。また，内膜の一部は内側に突出しており (ウ) とよばれる。

グルコースが分解される場合を考えてみよう。この過程は大きく3つの過程に分けることができる。すなわち，解糖系，クエン酸回路，電子伝達系である。

解糖系では，C6化合物であるグルコースが，2分子のC3化合物であるピルビン酸に分解される。この過程で還元型補酵素Aが2分子生成する。ピルビン酸はミトコンドリアに輸送されて (エ) 反応により還元型補酵素Aが生成するとともに，(オ) 反応が起こりC2化合物である (カ) となり，クエン酸回路にある (キ) と結合してクエン酸となる。その後 (ク) 反応や (ケ) 反応が次々と起こって回路を一回りする。この間に2種類の還元型補酵素AとBが生成される。解糖系とクエン酸回路を経て生じた還元型補酵素の電子は，ミトコンドリア内膜の電子伝達系のタンパク質につぎつぎに受け渡される。その際放出されるエネルギーによって，内膜の内外で H^+ の濃度差が生じる。この H^+ の濃度差を利用してATP合成酵素がはたらき，ATPが合成される。電子伝達の過程で生じるエネルギーでATPが合成される反応を (ク) という。

ミトコンドリアのATP合成酵素は複数のポリペプチド鎖からなる複合体であり，膜に存在している。ATP合成酵素は，膜に埋め込まれている部分(X部分)と膜から突き出た部分(Y部分)の，大きく2つの部分に分けられる(図1)。この構造は葉緑体のATP合成酵素でも基本的に同じと考えられている。ATP合成においては， H^+ はX部分を通して移動し，その時に発生するエネルギーがATP合成

活性をもつY部分に伝えられてATPが合成される。

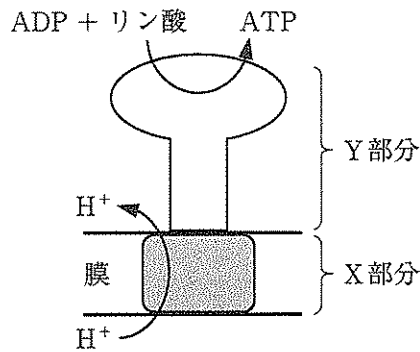
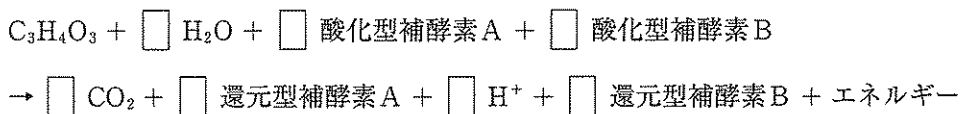


図1 ATP合成酵素の模式図

問い

- (1) (ア) ~ (ク) にあてはまるもっとも適切な語を解答欄に答えなさい。
- (2) ヒトでは、グルコースは多数の分子が結合した高分子化合物として、肝臓に貯蔵される。この化合物の名称を答えなさい。
- (3) 下線部①は何とよばれるか。解答欄に答えなさい。
- (4) 下線部①について、以下の(i), (ii)に答えなさい。
 - (i) 微生物の中には、酸素を消費せずに有機物を分解して得られるエネルギーでATPを合成するものがある。このような微生物が行う反応は何とよばれるか。解答欄に答えなさい。
 - (ii) 酵母菌がグルコースを分解するとき生じるエネルギーを使ってATPを合成し、エタノールを生成する反応を何とよぶか答えなさい。また、このときの反応式を解答欄に答えなさい。
- (5) 下線部②と③について、還元型補酵素AおよびBの名称を答えなさい。
- (6) ピルビン酸1分子が完全に分解されるときの下記の反応式について、空欄に数字を埋めなさい。



- (7) 下線部④について、複数のポリペプチド鎖からなる複合体の例としてふさわしいものを下記の語群からすべて選び、解答欄に答えなさい。

[語群]

ヘモグロビン	ドーパミン	免疫グロブリン
リン脂質	ミオグロビン	セルロース

- (8) 葉緑体においても、電子伝達にともないミトコンドリアと同じような機構でATPが合成される。ATP合成酵素のY部分は葉緑体ではどこに位置していると考えられるか。図2の(a)~(f)から1つ選び、解答欄に答えなさい。

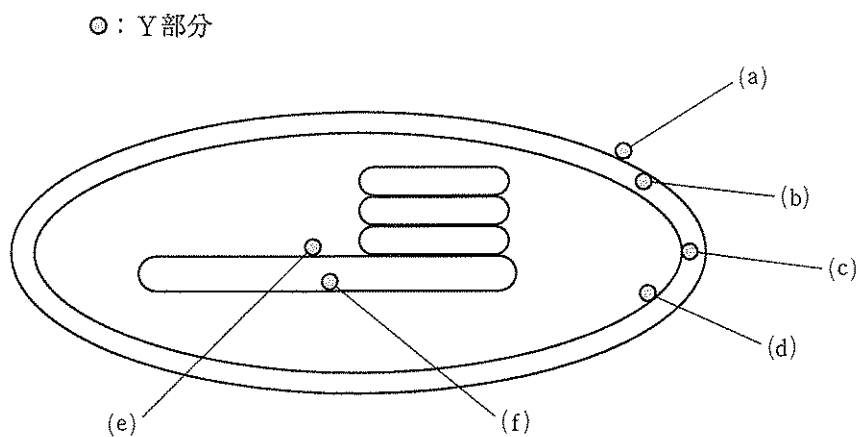


図2 葉緑体の模式図

B ウシの肝臓からミトコンドリアを調製し、呼吸基質と ADP およびリン酸を加えて酸素の消費活性を測定した（図 3）。30℃で溶存酸素量の時間変化を測定したところ、(エ)で示されるように、一定速度で溶存酸素量は減少した。

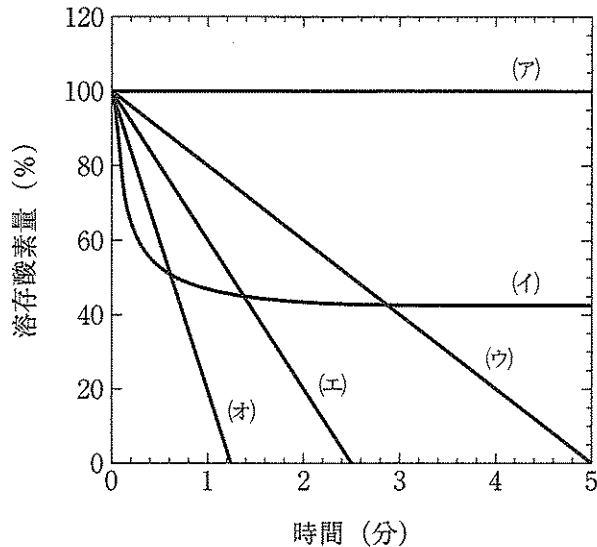


図 3 ミトコンドリアの酸素吸収活性

問い

- (9) ミトコンドリア懸濁液を 70℃で 5 分間処理した試料を用いて、30℃で酸素消費を測定したところ、図 3(ア)で示す結果となった。この理由を「変性」という語を使って 40 字以内で答えなさい。
- (10) 未処理のミトコンドリア懸濁液を用いて 60℃で酸素消費を測定したところ、図 3(イ)で示す結果となった。この理由を 40 字以内で答えなさい。なお、呼吸基質、ADP、リン酸は 60℃でも実験中は安定であるとする。
- (11) 反応温度を 20℃にした場合、溶存酸素量の変化はどのようになると考えられるか。もっとも適切と思われるものを、図 3 の(ア)~(オ)から 1 つ選び、解答欄に答えなさい。

(12) ある試薬Cは、 H^+ の結合の有無にかかわらず水と油の両方によく溶ける。この性質により、試薬Cは膜を通過して H^+ を輸送することができる。試薬Cを加えて $30^{\circ}C$ で酸素消費を測定したとき、内膜内外の H^+ の濃度差は、試薬Cを加えてない場合と比較してどうなると予想されるか。以下の選択肢の中からもっとも適切と思われるものを選び、記号を解答欄に答えなさい。

- (a) H^+ の濃度差はより大きくなる。
- (b) H^+ の濃度差は変わらない。
- (c) H^+ の濃度差はなくなる。
- (d) H^+ の濃度差は逆転する。

(設問は次のページにつづく)

この問題は「生物」の問題です。

数学科，物理学科，都市環境学科においては，「生物」の解答は無効になります。

Ⅷ 以下の文章A，Bを読み，問い(1)～(9)に答えなさい。(50点)

A 2000年代のはじめに，ヒトの核ゲノムの全塩基配列が解読された。核ゲノムとは，1つの細胞核に含まれる全遺伝情報を指し，ヒトの場合，常染色体 種類分と，性染色体 種類分のDNA配列に相当する。全長はおよそ30億 (3×10^9) 塩基対で，この中におよそ20,000個の遺伝子が存在している。

それぞれの遺伝子では，必要に応じて転写が行われる。転写は必ず決まった位置(転写開始点)からスタートする。真核生物の場合，転写開始点の上流に存在するプロモーター領域に結合する基本転写因子が，酵素A(図1)を引き寄せるためである。

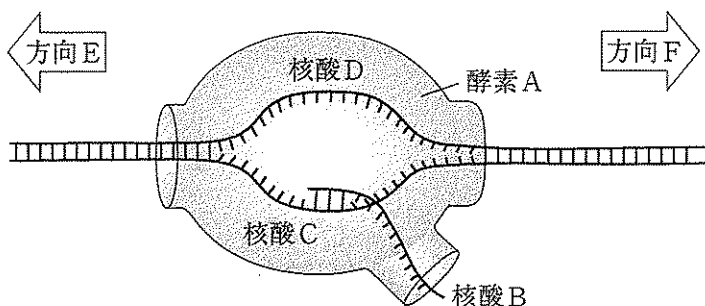


図1 遺伝子の転写過程

問い

- (1) 文中の ， にあてはまるもっとも適切な数字を解答群から選び，記号で答えなさい。

[解答群]

- (a) 1 (b) 2 (c) 3 (d) 11 (e) 12
(f) 13 (g) 22 (h) 23 (i) 44 (j) 46

- (2) 文中および図1に示す酵素Aとは何か。その名称を答えなさい。

(3) 図1の核酸B～Dは、センス鎖、アンチセンス鎖、RNAのそれぞれどれに相当するか答えなさい。ただしセンス鎖とは、転写で生じるRNAとその塩基配列が同じ鎖を指し、アンチセンス鎖とはセンス鎖に対して相補的な鎖を指す。

*ただし、Uの代わりにTが使われている。

(4) 図1において、酵素AはRNAを伸長させながらDNA上を相対的に移動していく。このときの酵素Aの移動方向は、EまたはFのいずれか、記号で答えなさい。

B 特定の時期にのみ遺伝子を転写するしくみは、生命にとってきわめて重要である。このような調節のために、多くの遺伝子では、プロモーター領域とは別の位置に、特別な調節領域が設けられている。このうち、遺伝子の発現を促進する効果をもつ配列をエンハンサーという。1981年のバナージらの実験(図2)によって、エンハンサーの基本的な特徴が明らかになった。

彼らはウサギの β グロビン遺伝子を含むさまざまなプラスミド(図3)を作成し、培養細胞に導入した。そして数日後にRNAを抽出し、その中に含まれる β グロビンのmRNAの量を調べた。まず、 β グロビン遺伝子のみを含むプラスミド(図3のプラスミド①)を導入した。しかし、 β グロビンのmRNAは、ごくわずしか検出されなかった(表1, 実験1)。次に、 β グロビン遺伝子とSV40ウイルス**のエンハンサー配列との、両方を含むプラスミド(図3のプラスミド②)を作成し、実験1と同じように培養細胞に導入した。すると、大量の β グロビンmRNAが検出された(表1, 実験2)。このことから、エンハンサー配列が近傍の遺伝子の発現を促進する効果をもつことが明らかになった。バナージらはさらに、異なる構成のプラスミドを用いて同様の実験を繰り返し(表1, 実験3～5)、エンハンサーのもついくつかの特徴を明らかにした(表2)。

バナージらはさらに研究を進め、SV40ウイルスのエンハンサーの全長144塩基対の配列を決定した。また、次の2つの性質を明らかにした。1) 144塩基対の配列は、72塩基対の配列が同じ向きに2回繰り返された構造である。2) 72塩基対の配列が1つあれば、エンハンサーとしてはたらく。

** SV40ウイルスはサルに感染するウイルスの一種であるが、哺乳類一般に通用するエンハンサー配列をもつ。

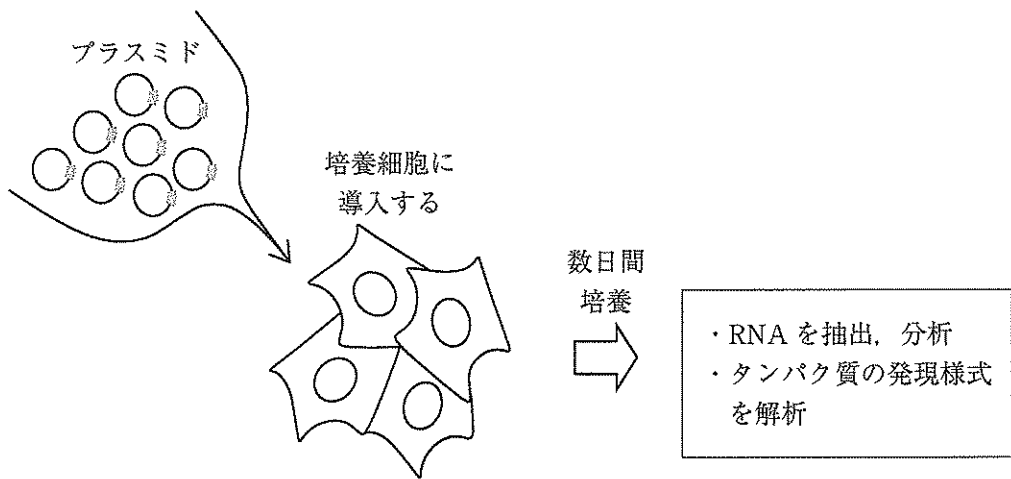


図2 バナーズらが行った培養細胞への遺伝子導入実験

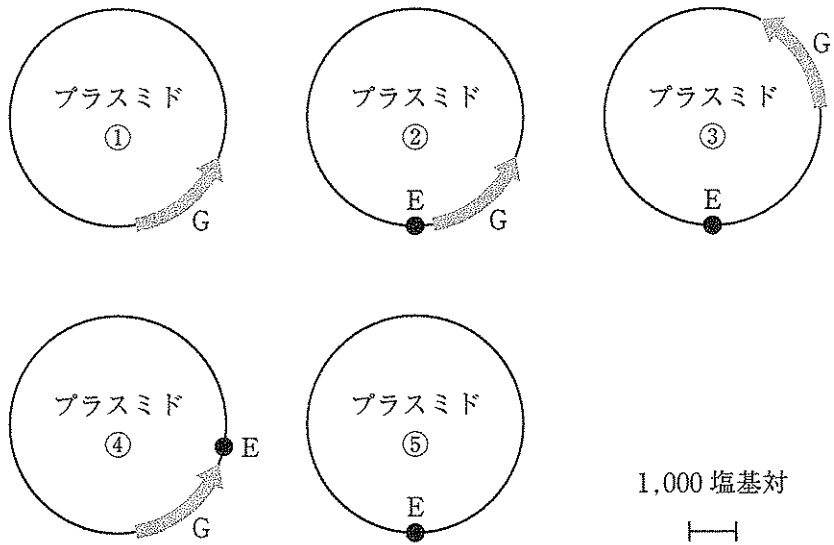


図3 導入したラズミドの構造

ラズミド上の●印はエンハンサー配列 (E) の位置を示す。矢印 (⇒) はプロモーター領域を含むβグロビン遺伝子 (G) の位置を示し、その向きは配列の方向性 (5'-3') を表す。

表1 バナージらの実験

	導入したプラスミド	β グロビン mRNA 量
実験1	①	ごくわずか
実験2	②	大量
実験3	③	大量
実験4	④	大量
実験5	①と⑤を同時に導入	ごくわずか

表2 エンハンサーの特徴

特徴1	エンハンサー自身と同じDNA上に存在する遺伝子の転写を促進する。
特徴2	遺伝子から2,000~3,000塩基対離れた位置にあってもはたらく。
特徴3	遺伝子の5'-側にあっても3'-側にあっても、同じようにはたらく。

問い

- (5) 表1の実験2と実験3の結果を比較してわかるエンハンサーの特徴は何か。
表2から選び、1~3の数字で答えなさい。
- (6) 表1の実験2と実験4の結果を比較してわかるエンハンサーの特徴は何か。
表2から選び、1~3の数字で答えなさい。
- (7) 表1の実験2と実験5の結果を比較してわかるエンハンサーの特徴は何か。
表2から選び、1~3の数字で答えなさい。
- (8) 実験2では、 β グロビンの mRNA 前駆体と mRNA の細胞内での存在量とその場所は、図4のようになる。この実験結果を、以下の語を使って80字以内で説明しなさい。

[語] スプライシング 核膜孔 転写

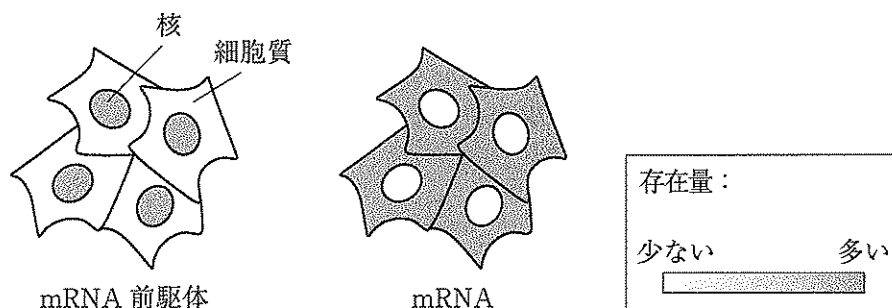


図4 β グロビン遺伝子の mRNA 前駆体および mRNA の存在量とその場所

(9) 図5に示す配列 E1~E4 は、エンハンサーとしてはたらくか。文章Bに記された事実をもとに推定し、エンハンサーとしてはたらくと考えられるものに○印をつけ、はたらかないと考えられるものには×印をつけなさい。また、○印をつけたものについてのみ、その理由を説明しなさい。

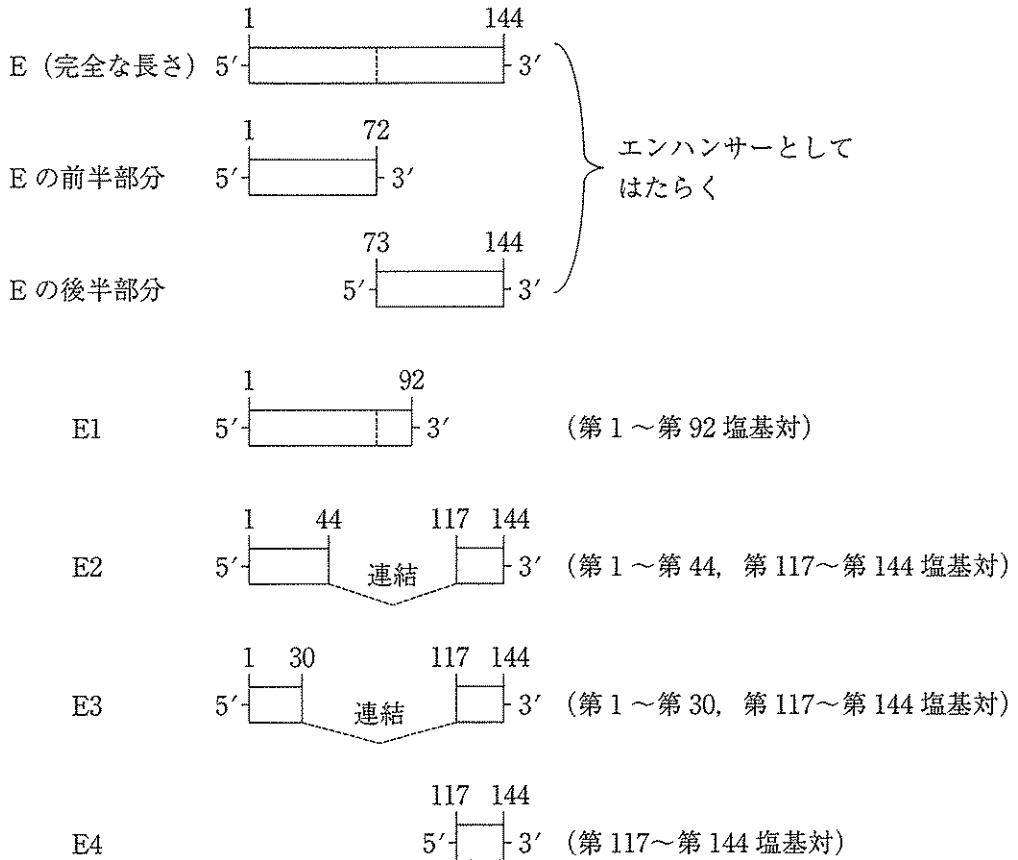


図5 エンハンサーとその断片の配列群

E1~E4 は、完全な長さの SV40 ウイルスエンハンサー (E) に由来する配列である。また、各配列の数字は、E の塩基対番号に対応している。

(設問は次のページにつづく)

この問題は「生物」の問題です。

数学科，物理学科，都市環境学科においては，「生物」の解答は無効になります。

IX 動物の発生に関する以下の文章を読み，問い(1)～(7)に答えなさい。(50点)

動物の発生の進行にともない，前-後，背-腹，および左-右の体の方向が決定されていく。ショウジョウバエの場合，ある種の調節遺伝子から転写された mRNA が卵内にすでに蓄積されていて，その分布で基本的な体軸が決まる。例えば，前方を決める遺伝子^①と後方を決める遺伝子の mRNA はそれぞれ，将来，胚の前端と後端となる場所に蓄積されている。受精後にそれぞれの mRNA から翻訳されたタンパク質^②が胚の中で濃度勾配をもって分布するため，その濃度差によって前後軸に沿った細胞の違いが生じる。その後，分節遺伝子群によって各体節の境界が，さらに， 遺伝子群によって前後軸の位置に応じた各体節の性質が決まる。そのため， 遺伝子群に突然変異が生じるとそれぞれの体節の付属物の表現型に異常が生じる^③。

カエルの場合，受精前の卵には動物極と植物極を結ぶ1つの軸しかない。しかし，受精後しばらくすると が起こり，植物極付近に蓄積されていた背側決定因子が の反対側へ移動し，これが背腹軸を決定する。その後，初期の細胞分裂である が始まり，受精卵は細胞数を増加させ とよばれる段階になる。さらに内部に空所をもつ という段階を経て，原腸胚期には予定外胚葉・予定中胚葉・予定内胚葉領域が正しい位置へと配置される^④とともに，頭と尾の方向である前後軸が形成される。

このように， に属するショウジョウバエと に属するカエルでは，卵内に蓄積された mRNA やタンパク質の分布の違いにより，体軸が決められていく。このような因子を母性因子とよぶ。しかし，カエルと同じ に属するマウスでは，母性因子の影響は非常に小さく，発生中の各細胞はしばらくの間完全な個体になる能力を維持したままである。

問い

- (1) 文中の (ア) ~ (ク) にあてはまるもっとも適切な語を答えなさい。ただし、(イ), (ウ), (キ), (ク) については、以下の語群の中から選びなさい。

[語群]

棘皮動物 精子進入点 節足動物 表層回転
脊椎動物 腔腸動物 原口上唇部 原腸形成
極体

- (2) ショウジョウバエとカエルの卵割様式としてそれぞれ適切なものを、以下の選択肢から選び、記号で答えなさい。

[選択肢]

- (a) 端黄卵で不等割
- (b) 心黄卵で表割
- (c) 等黄卵で等割
- (d) 端黄卵で盤割

- (3) 下線部①について、この遺伝子の名称を以下の選択肢の中から選び、記号で答えなさい。

[選択肢]

- (a) ビコイド (b) ナノス (c) コーダル (d) トール

(4) 下線部②について、前方および後方を決めるタンパク質の、胚中での濃度分布としてもっとも適切なグラフを図1の(a)~(f)からそれぞれ選び、記号で答えなさい。

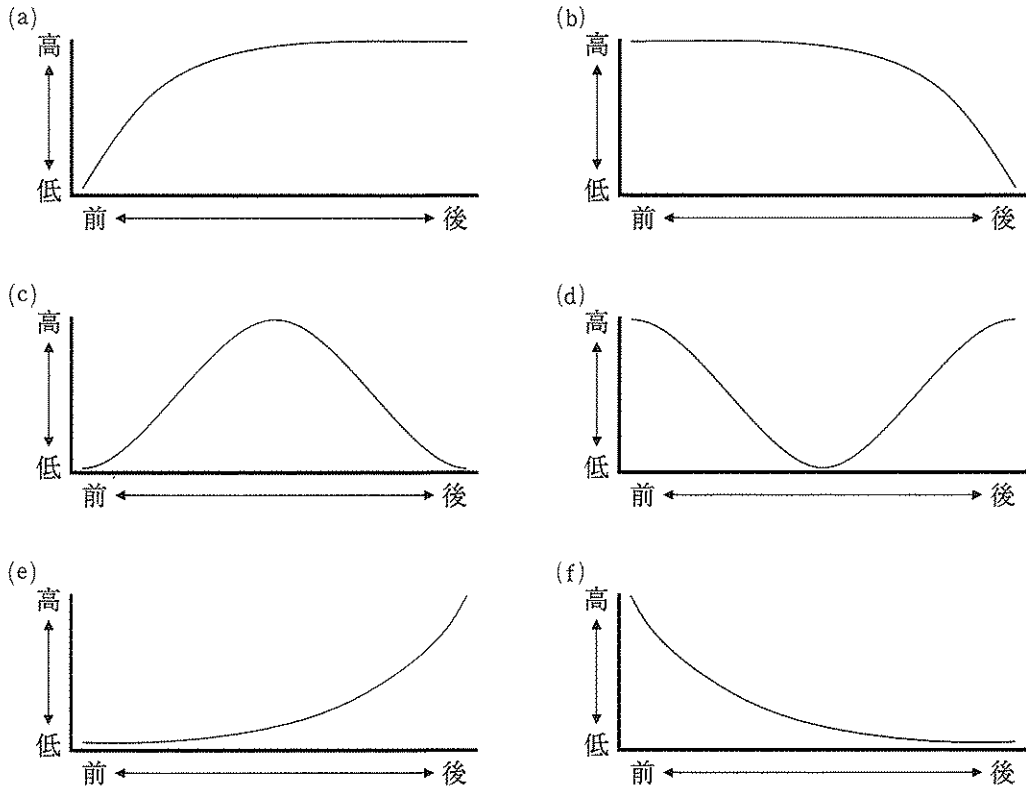


図1 胚の前後軸に沿ったタンパク質の濃度勾配の例。縦軸はタンパク質濃度の相対値を、横軸は胚の前端から後端までの距離を示す。

(5) ウルトラバイソラックスは、下線部③の遺伝子群に含まれる遺伝子の1つである。ショウジョウバエの胸部は、前方から胸部第1、第2、第3体節とよばれる体節が融合したものであり、ウルトラバイソラックスは正常個体では第3体節で発現している。ショウジョウバエの正常発生では第2体節でのみ翅（はね）が形成されるので通常は1対2枚の翅をもつ。しかし、ウルトラバイソラックスの機能が失われた突然変異体では第3体節からも翅が生じることにより、2対4枚の翅をもつ個体が現れる。なぜこのような4枚翅の形態となると考えられるか、50字以内で簡潔に答えなさい。

- (6) 下線部④について、後期原腸胚および尾芽胚胴部の、前後軸と直交する横断面（図2の断面Aと断面B）の様子をそれぞれ描きなさい。ただし、図の上と下をそれぞれ背側、腹側とし、後期原腸胚では3つの胚葉の名称を示しなさい。また、尾芽胚では表皮、脊索、体節、腸管、神経管を、それぞれ由来する胚葉の名称とともに、示しなさい。

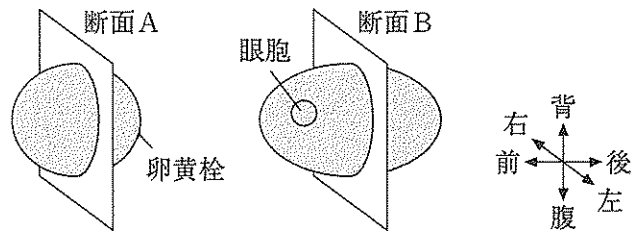


図2 後期原腸胚（左）および尾芽胚（右）の模式図。右の矢印は体軸を表す。

- (7) 以下の表1に示す実験のうち、母性因子が発生に影響を与えることを示すものをすべて選び、1～6の数字で答えなさい。

表1 さまざまな動物を用いた初期発生での実験

実験1	2細胞期のウニの胚を分離し、各割球を別々に発生させたところ、両方とも小さいが正常なプルテウス幼生になった。
実験2	クシクラゲは正常発生では8列のくし板をもつ。2細胞期の胚を分離し、各割球を別々に発生させたところ、くし板が4列ずつの個体になった。
実験3	8細胞期のウニの胚を、動物極側の4割球と植物極側の4割球とに分離し、それぞれを培養したところ、動物極側は途中で発生が停止し、植物極側は不完全なプルテウス幼生になった。
実験4	2細胞期のマウスの胚の片側だけを針で破壊し、母体に戻して発生させたところ、正常なマウスが生まれた。
実験5	受精直後のカエルの受精卵から植物極の細胞質を取り出し、別の受精卵の赤道付近に移植したところ、二次胚が生じた。
実験6	体毛が白いマウスと黒いマウスのそれぞれの8細胞期の胚を融合させ、母体に戻して発生させたところ、白黒まだらのマウスが1匹生まれた。



